

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

Opracowanie technologii wytwarzania materiałów kompozytowych bazujących na piezo-włóknach

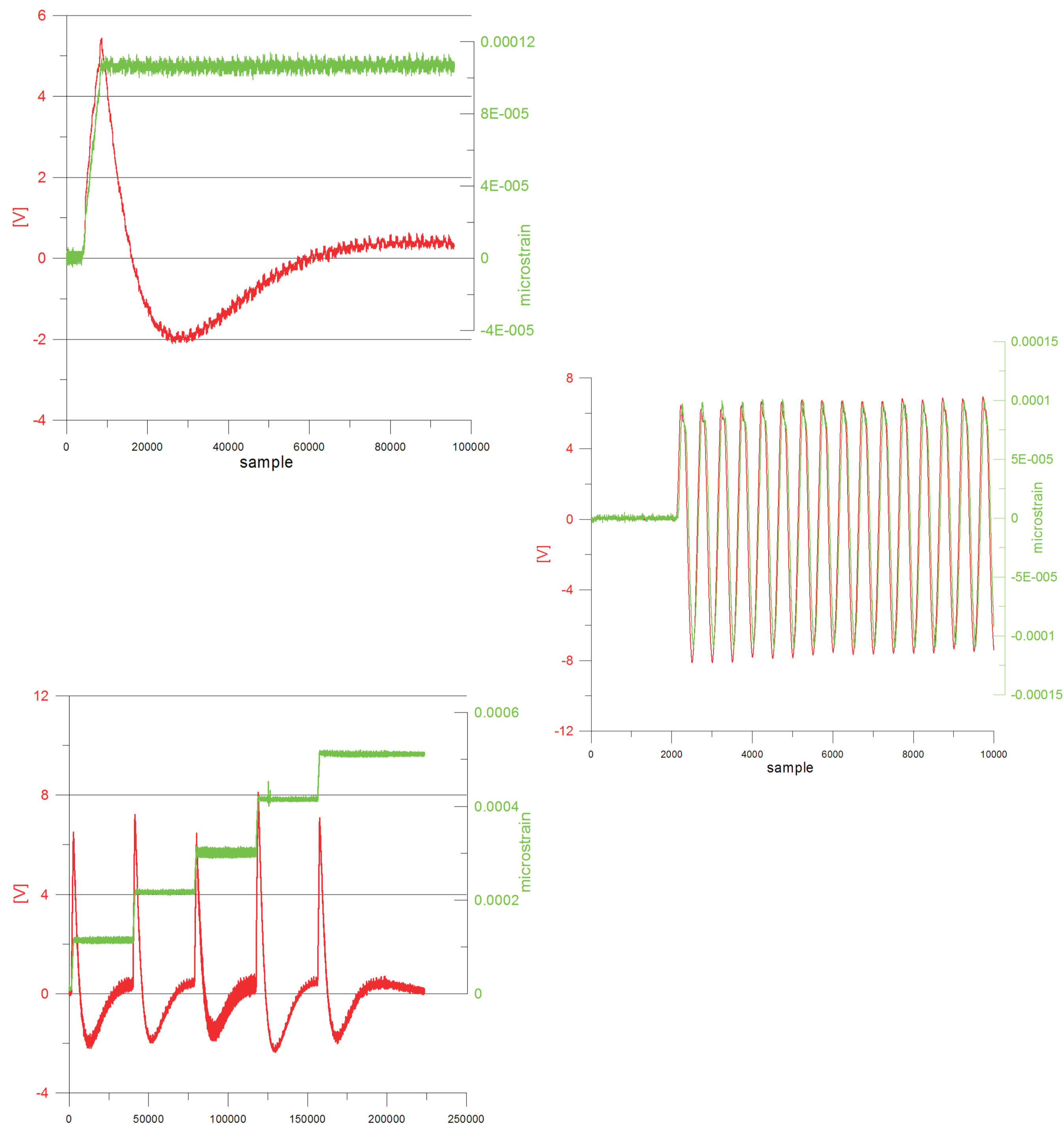
Badano czujnik piezoelektryczny o wymiarach 28x7x0.3mm z tradycyjnym tensometrem operowym. Badanym obiektem była próbka z wykonana z duraluminium o wymiarach 350x40x1mm. Sygnał z elementów piezoelektrycznych do aparatury badawczej przekazywany był za pośrednictwem wzmacniacza ładunku MMF M68D1. Do rejestracji użyto aparatury i oprogramowania firmy National Instruments.



Rys.1. Badana próbka oraz użyty wzmacniacz ładunku piezoelektrycznego
Fig.1. The sample and used the piezoelectric charge amplifier

Porównanie odpowiedzi czujnika piezo na różne rodzaje wymuszeń

Badana była odpowiedź czujnika piezoelektrycznego na różne rodzaje wymuszeń. Badano zarówno różne rodzaje funkcji, jak i ich warianty (inne czasy narastania, amplitudy, czas utrzymania stałej wartości).

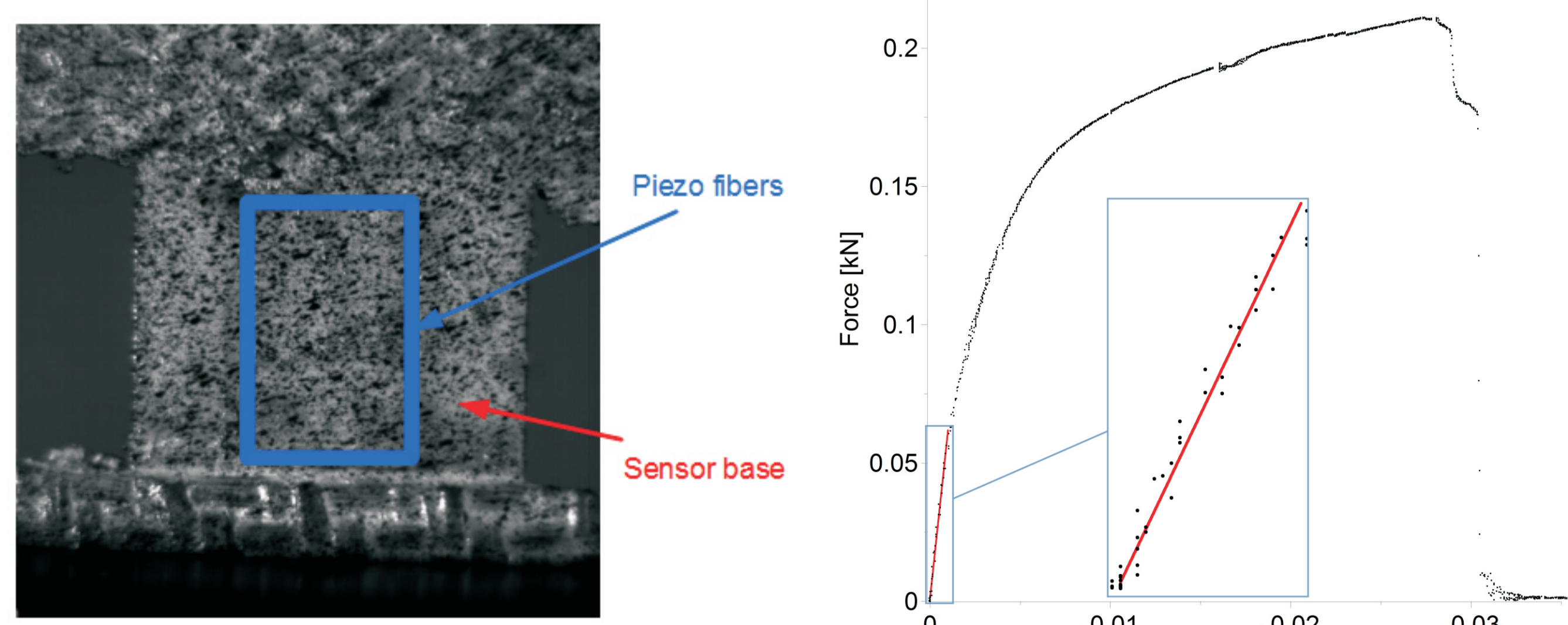


Rys.2. Porównanie sygnałów uzyskanych z tensometru rezystancyjnego i piezoelektrycznego na skok jednostkowy, sygnał sinusoidalny i następujące po sobie skoki jednostkowe
Fig.2. Comparison of the signals obtained in unit step function and a sinusoidal and subsequent step function signal with a piezoelectric and resistive strain gauge

Badania wykazały, że czujnik piezoelektryczny ma dokładność taką samą jak tradycyjny tensometr rezystancyjny. Jego kolejną zaletą jest niezależność od zewnętrznych źródeł zasilania, a największą wadą zanik sygnału w chwili zatrzymania działania obciążenia zewnętrznego. Jest to szczególnie widoczne na prawym wykresie Rys.2. Sygnałem wymuszającym były następujące po sobie skoki jednostkowe, na wykresie z tensometru piezoelektrycznego zmiana jest obserwowana tylko w momencie zmiany stanu obciążenia, następnie wartości napięcia wracają w okolice 0 Volt. Następnym krokiem badań będzie określenie transmitancji czujnika piezoelektrycznego.

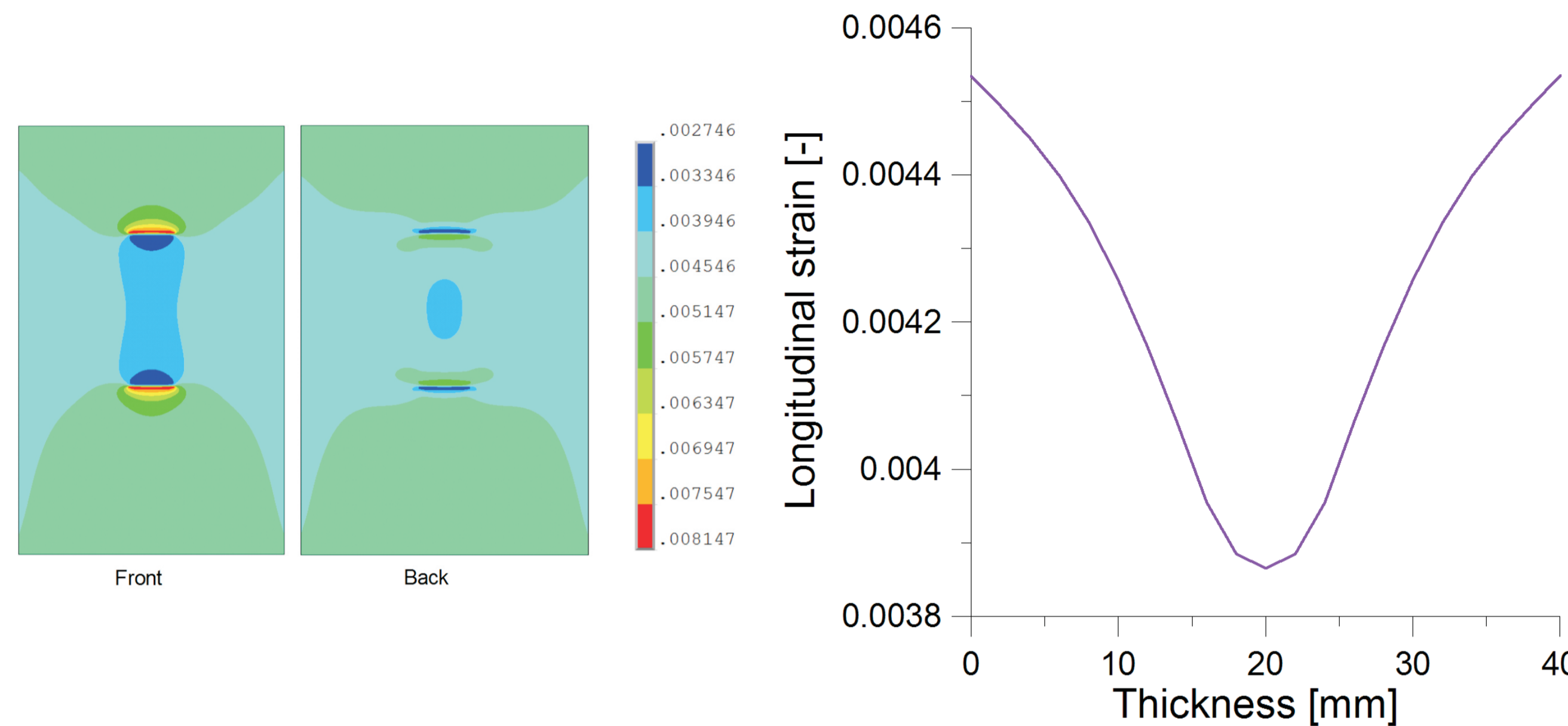
Badanie charakterystyki wytrzymałościowej czujnika piezo oraz jego wpływu na sztywność układu

Pojedynczy czujnik piezo poddany został próbie rozciągania, na podstawie danych uzyskanych z cyfrowej korelacji obrazu (DIC) zostały wyznaczone jego właściwości mechaniczne. Oszacowane w ten sposób parametry zostały użyte w modelu MES do zbadania wpływu czujnika na lokalną sztywność układu.



Rys.4. Próba użyta do badań wytrzymałościowych czujnika oraz uzyskane wyniki
Fig.4. The sample used to tensile test of the sensor and the results

W tym przypadku badana próbka był kompozyt szklano epoksydowy, o grubości 0.4 mm i szerokości 40mm i układzie włókien 0/90 stopni. Piezo czujnik był naklejony po jednej stronie (Front) w osi symetrii próbki. Całość poddano próbie rozciągania.



Rys.5. Otrzymane odkształcenia z metody MES po obu stronach próbki oraz rozkład odkształceń wzdłuż jej szerokości
Fig.5. Deformation obtained in FEM method on both sides of the sample and the strain distribution along its width

Wnioski Conclusions

- Czujnik bardzo dobrze reaguje na wymuszenie o dużej częstotliwości.
- Przy wymuszeniach o niskiej częstotliwości pomiary muszą być aktualizowane o historię obciążeń modelu, z uwagi na zanik sygnału w stanie ustalonym.
- Czujnik piezoelektryczny może mieć wpływ na lokalną sztywność układu, podczas gdy sztywność globalna pozostaje bez zmian.
- Odkształcenia mierzone przez piezo czujnik mogą być niedoszacowane z uwagi na dużą sztywność samego czujnika.

- The sensor responds very well to a high-frequency loading.
- The low-frequency excitations measurements have to be updated about the history of model load, due to the loss of signal in the steady state.
- Piezoelectric strain sensor has strong influence on local stiffness of observed model, while global stiffness remains unchanged.
- Strain measured with piezo sensor at flexible parts might be underestimated due to relatively high stiffness of sensor.

Proces wytwarzania Manufacturing process

Pianki z gradientem współczynnika Poisson'a Foams with Poisson's ratio gradient



Rys.1. Kształtka w formie ściętego ostrosłupa o podstawie kwadratu
Fig.1. Foam in a form of cut pyramid

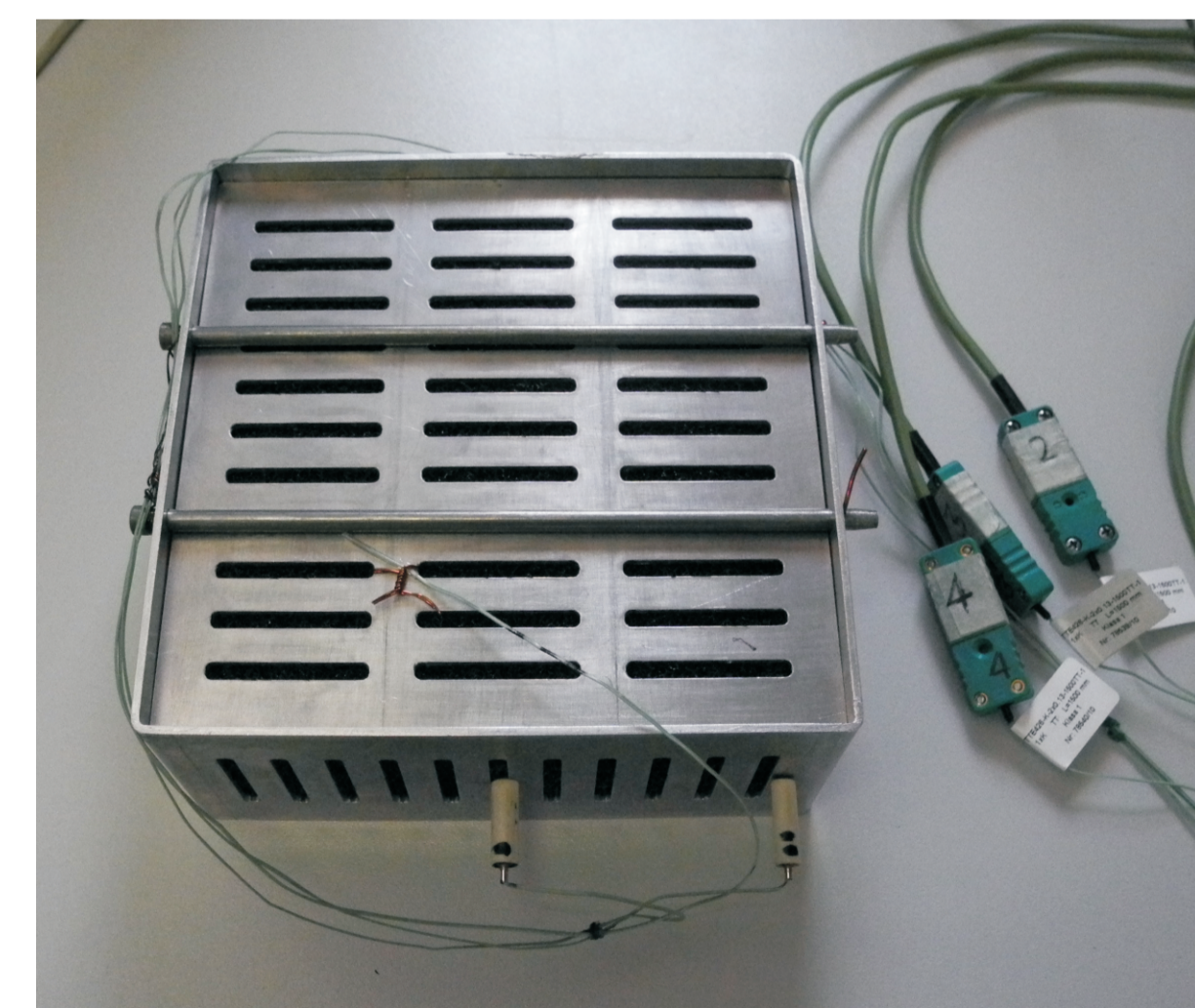


Rys.2. Kształtka w formie podwójnego odwróconego ściętego ostrosłupa o podstawie kwadratu z kołnierzem
Fig.2. Foam in a form of double reversed cut pyramid with collar

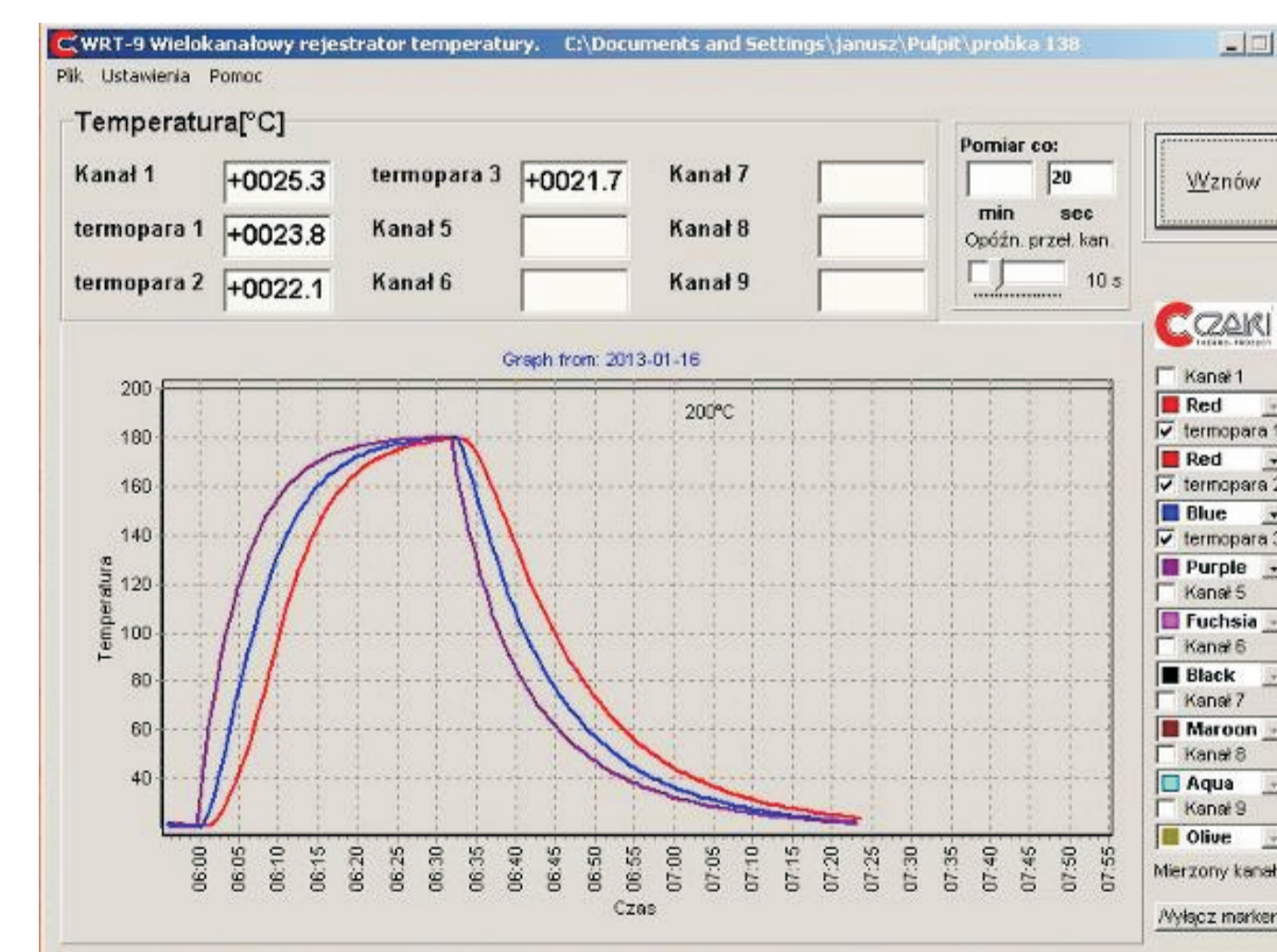


Rys.3. Finalna pianka w kształcie prostopadłościanu
Fig.3. Final foam in a form of cuboid

Określenie temperatury wygrzewania kształtek z pianek trudnopalnych Definition of heating process for nonflammable foams



Rys.4. Kształtka w formie 150x150x50mm z podłączonymi termoparami
Fig.4. Foam in the 150x150x50 mm mould with attached thermocouples



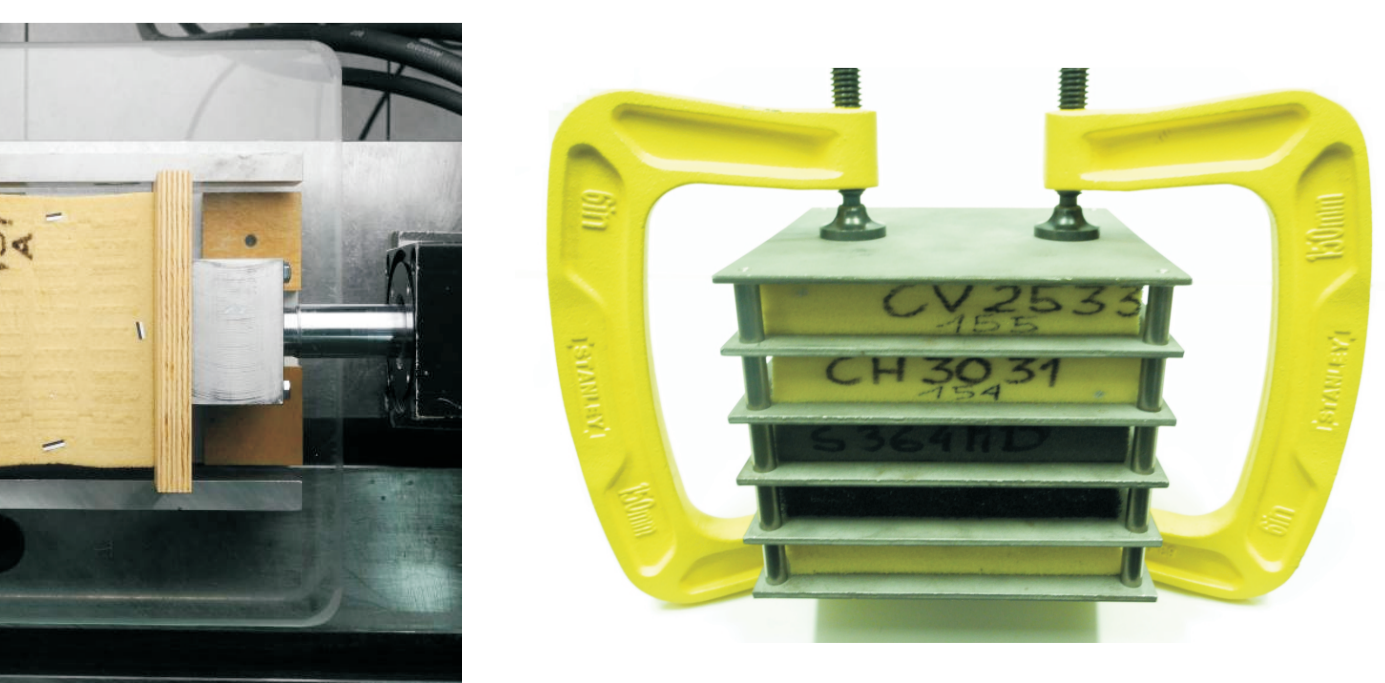
Rys.5. Wyniki pomiaru temperatury podczas wygrzewania w 180C
Fig.5. Heat measurements with oven temperature 180C

Stanowiska do poziomego pomiaru współczynnika Poisson'a Test stand for Poisson's ratio definition in horizontal position



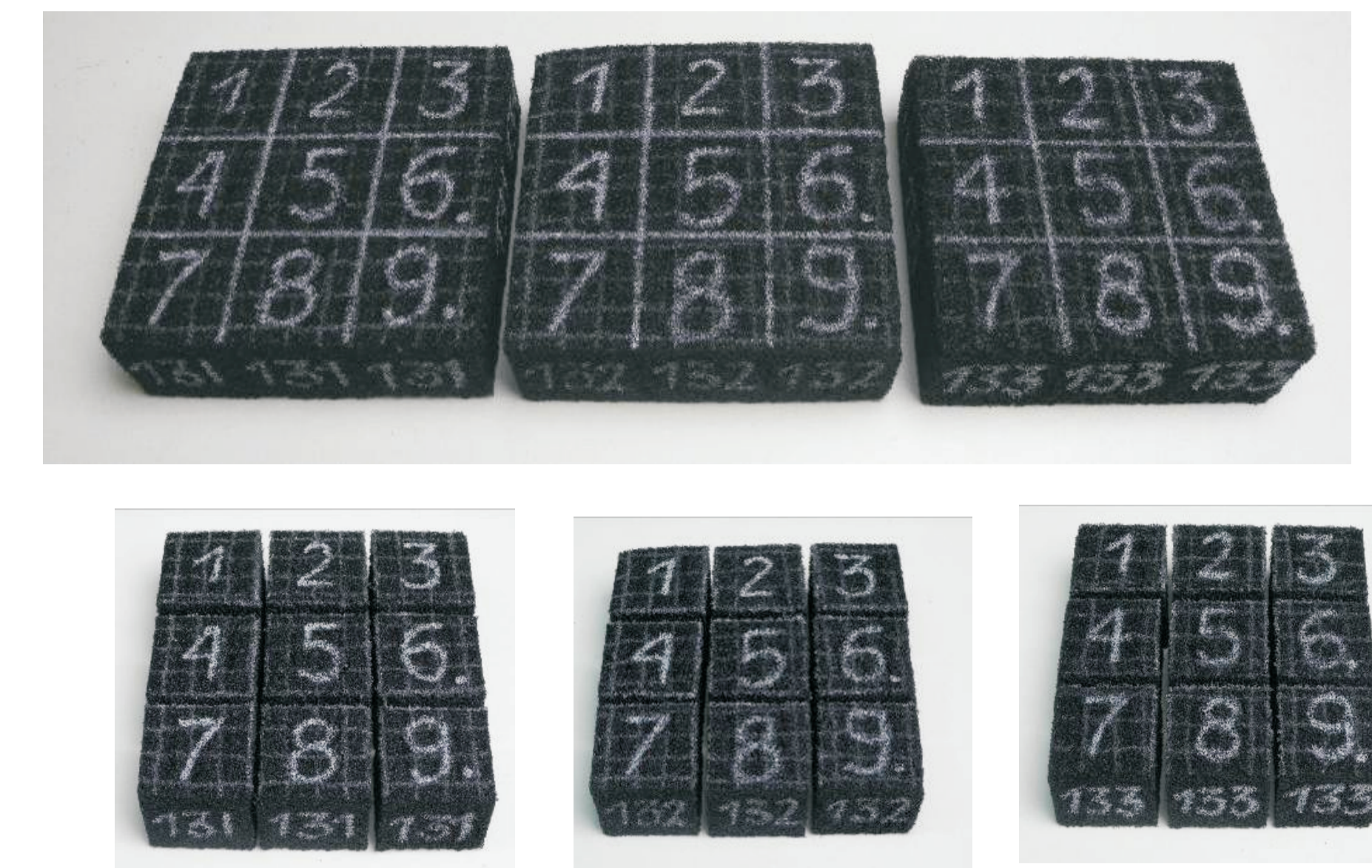
Rys.6. Kształtka pianki ulegająca wyboczeniu na dotychczasowym stanowisku i pomiar na nowym stanowisku
Fig.6. Foam sample showing buckling in the old test stand and foam mounted in the new test stand for horizontal measurements

Przyrząd do pomiaru odkształcenia trwałego przy ściskaniu Device for measurement of permanent deformation under compression

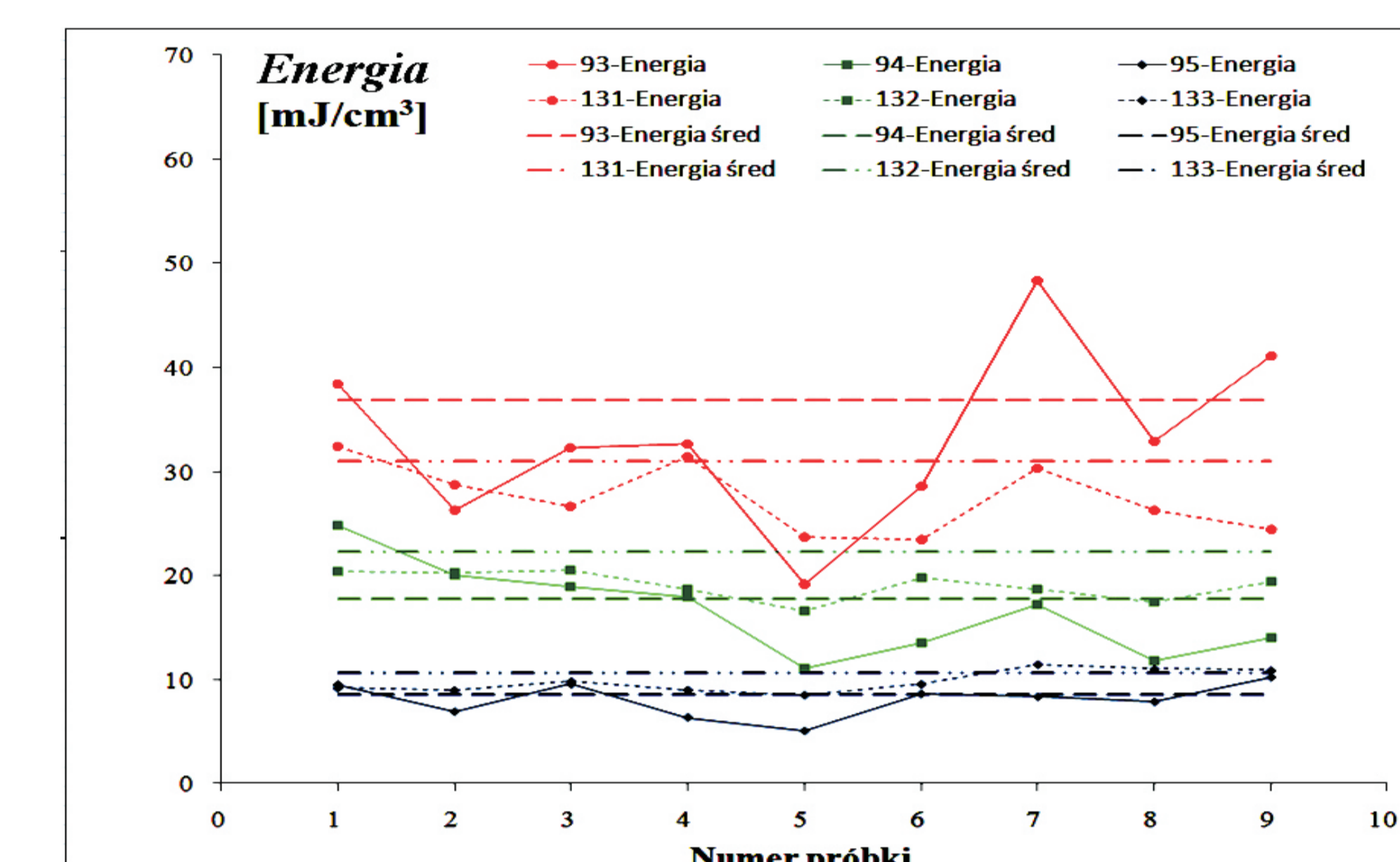


Rys.7. Kształtki pianki umieszczone wewnątrz przyrządu do pomiaru trwałego odkształcenia
Fig.7. Foam samples within test stand for permanent deformation measurement under compression

Wyznaczenie charakterystyk naprężenie-odkształcenie przy ściskaniu kształtek Definition of tensile stress-strain characteristics for foam samples



Rys.8. Kształtki przetworzonej pianki S28280 poddanej zmodyfikowanemu procesowi z zagęszczeniem i rozprężaniem
Fig.8. Processed S28280 foam samples after modified process including additional densification and relaxation



Rys.9. Wartość energii dyssypowanej dla 9 podpróbek wyciętych z kształtek 131-133 wykonanych z pianki S28280
Fig.9. Dissipated energy chart for 9 subspecimens cut out from 131-133 processed S28280 foam specimens

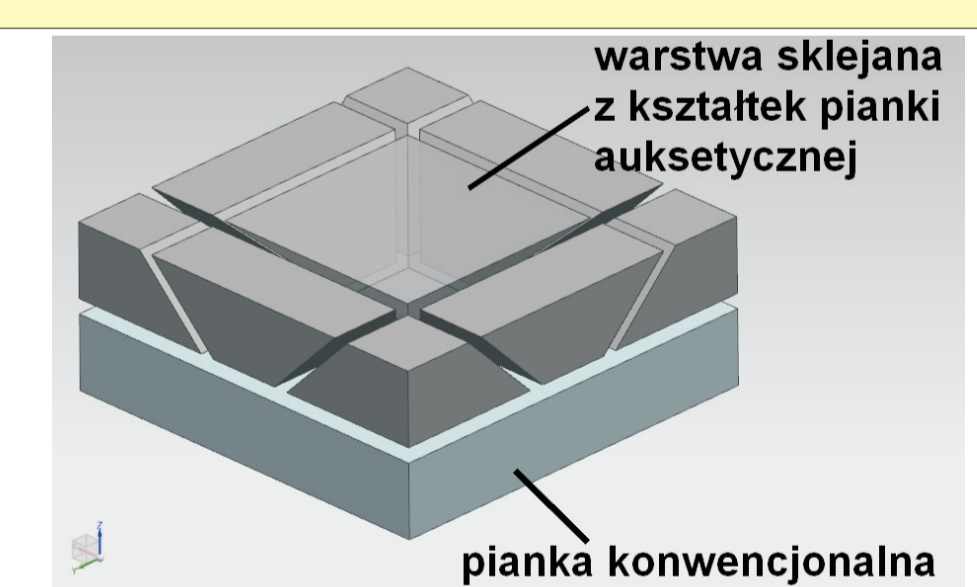
Wnioski Conclusions

- Wykonano przetworzone kształtki z poliuretanowej pianki trudnopalnej CH3031 typu CMHR
- Wykonano przetworzone kształtki z poliuretanowej pianki trudnopalnej CV2533 typu CME
- Wykonano przetworzone kształtki z poliuretanowej pianki S28280 z gradientem współczynnika Poisson'a:
 - z formy o kształcie ściętego ostrosłupa o podstawie kwadratu,
 - z formy o kształcie podwójnego ściętego ostrosłupa o podstawie kwadratu z kołnierzem
- Wyznaczono charakterystyki termiczne kształtek pianki CH3031, CV2533 i S364MD oraz D25130, Lam353D i D30130 oraz ustalono dla nich warunki wygrzewania
- Opracowano i wykonano stanowisko do pomiaru współczynnika Poisson'a przy ułożeniu próbek pianki w pozycji poziomej
- Próbkę powstałe z pianek poddanych dodatkowemu procesowi zagęszczania i rozprężania charakteryzują się 2-3-krotnie mniejszym rozrzutem badanych wartości w stosunku do kształtek nie poddanych temu procesowi
- Opracowano i wykonanie oprzyrządowanie do oznaczenia odkształcenia trwałego przy ściskaniu kształtek oraz wykonano badania w tym zakresie
- Przeprowadzono badania w celu wyznaczenia zmęczenia przy stałym obciążeniu kształtek auksetycznych i pianek poliuretanowych
- Processed nonflammable polyurethane CH3031 foams, CMHR type, were manufactured
- Processed nonflammable polyurethane CV2533 foams, CME type, were manufactured
- Processed polyurethane S28280 foams with Poisson's ratio gradient were manufactured:
 - initial foam in a form of a cut pyramid,
 - initial foam in a form of a double reversed cut pyramid with a collar
- Heating parameters for processing CV2533, CH3031 and S364MD as well as D25130, Lam353D and D30130 foams were defined
- Test stand for Poisson's ratio measurements in horizontal position was designed and manufactured
- Foams manufactured using modified process, including additional compression and relaxation, show 2-3 times less deviation for tested material parameters than foams manufactured using previous method
- Test stand for estimation of permanent deformation of foams under compression was designed and manufactured. Tests in this regard were performed
- Tests were performed in order to estimate fatigue under constant load for auxetic and conventional foams

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation



Rys.10. Fabryczne siedzisko fotela pilota Mi-8
Fig.10. Original pilot seat from the Mi-8 helicopter



Rys.11. Demonstrator technologii
Fig.11. Technology demonstrator

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

W. Rządowski, P. Pyrzanowski: **Use of piezoelectric fibers in low power consumption smart sensor.** 50th annual conference on experimental stress analysis, Tabor, Czechy, 2012, pp.393-399

J. Liseicki, S. Klysz, T. Błażejewicz, G. Gmurczyk, P. Reymer, **Pianki auksetyczne - wpływ sposobu wytwarzania na współczynnik Poisson'a.** 52. Sympozjon "Modelowanie w Mechanice" Ustroń, 23-27.02.2013

Prace mgr, dr, hab.
Prace magisterskie planowane
inż. Wiktor Nalewaj: **Analiza naprężeń w konstrukcji z wykorzystaniem czujników piezoelektrycznych.** Promotor: dr hab. inż. Paweł Pyrzanowski, wrzesień 2013
inż. Tomasz Bońkowski: **Eksperymentalne badanie właściwości mechanicznych i elektrycznych elementów piezoelektrycznych.** Promotor: dr hab. inż. Paweł Pyrzanowski, luty 2014

Prace doktorskie

Tytuł: **Badanie stanu odkształceń materiałów kompozytowych z zastosowaniem czujników piezoelektrycznych**
Autor: mgr inż. Witold Rządowski
Promotor: dr hab. inż. Paweł Pyrzanowski
Status: **W trakcie realizacji**

Zgłoszenie patentowe

Nr P.404102 pt. "Sposób wytwarzania gradialnej pianki poliuretanowej o ujednorodnionych własnościach mechanicznych, zwłaszcza pianki auksetycznej"