

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały typu Glare). Composite metallic materials in aviation applications (including Glare-type materials).

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

Wyniki badań Results

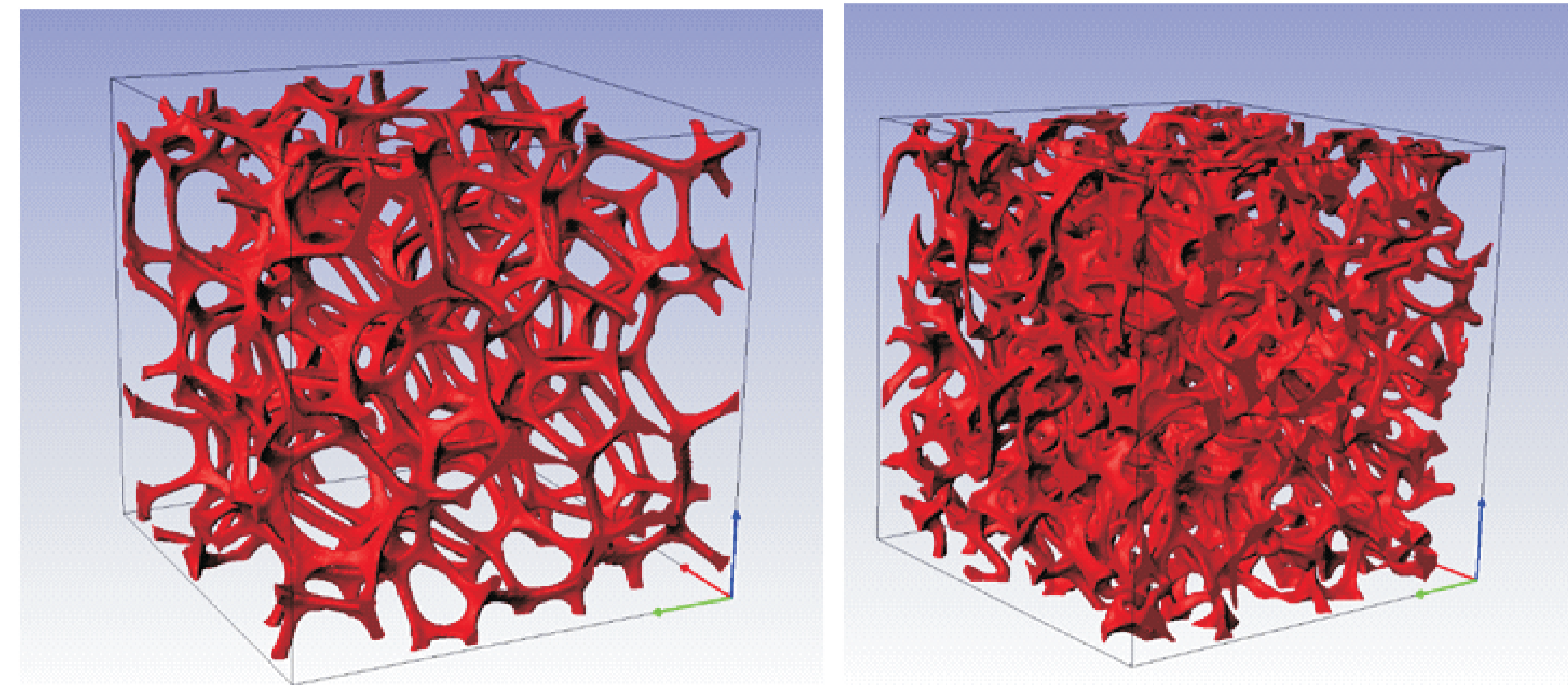
1. Wstęp

Zbadano pianki o komórkach wypukłych i komórkach wklęsłych (pianki auksetyczne). W pierwszym etapie wykonano badania struktury tych pianek z użyciem mikrotomografii komputerowej. Uzyskane dane pozwoliły na budowę odpowiedniego modelu numerycznego, który posłużył do przeprowadzenia symulacji numerycznych procesów deformacji.

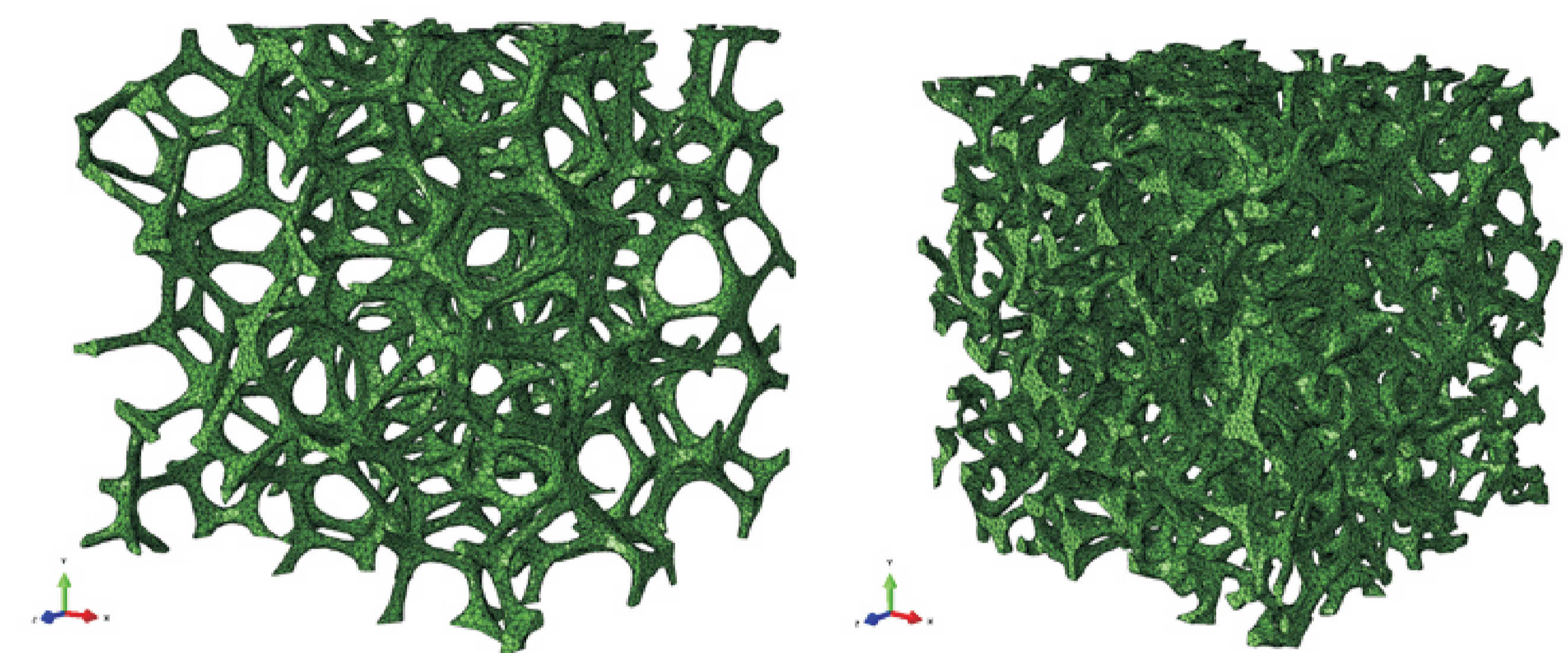
The current work is related to open cell foams with convex and reentrant cells (auxetic foam). In the first stage of the study, the real foam specimens were examined with use of computer microtomography. The obtained data allowed for the construction of an appropriate numerical model that was used to carry out the numerical simulations of deformation processes.

2. Badania z użyciem mikrotomografii komputerowej

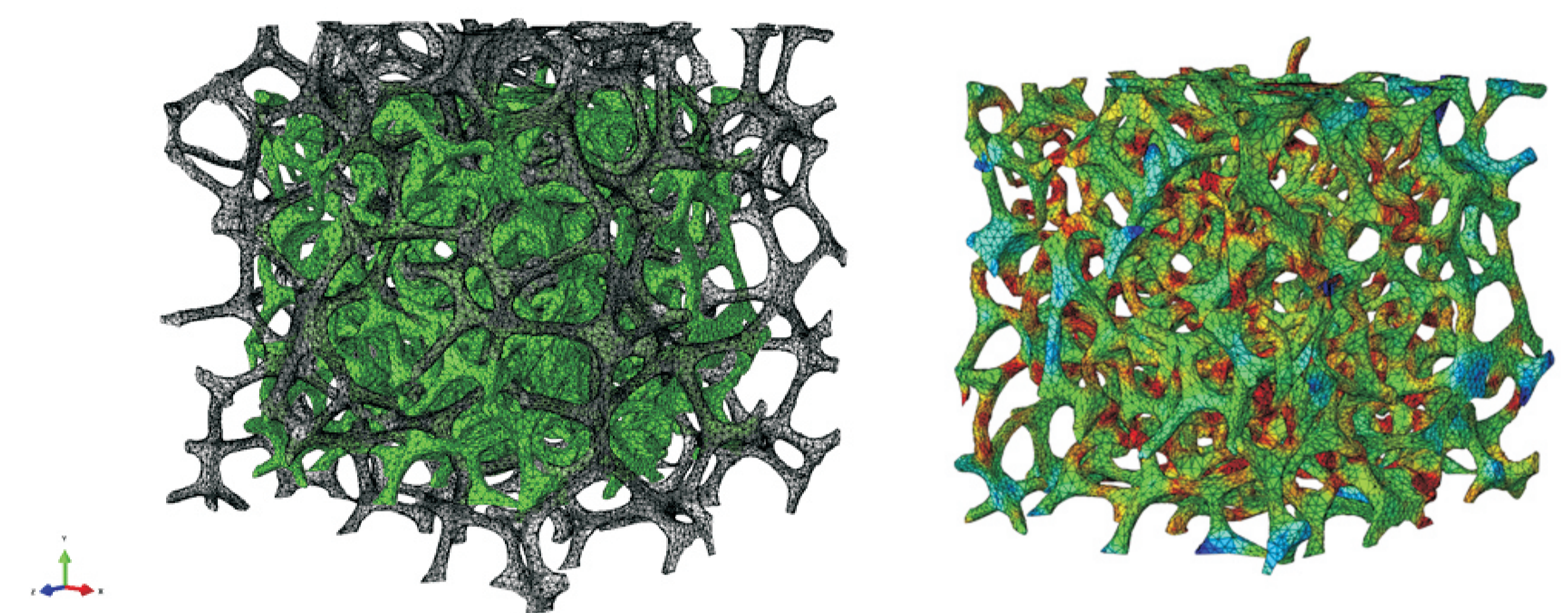
Badania doświadczalne pianki o wklęsłych i wypukłych komórkach przeprowadzono w IPPT PAN z wykorzystaniem X-Ray Microtomograph SKYSCAN 1174. Przyjęto wymiar piksela równy 2,5µm dla obu typu pianek. Uzyskano serię 800 zdjęć o wymiarze 2000x2000 pikseli.



Rys. 7. Wyglądzone numerycznie obrazy struktury pianki o komórkach wypukłych (lewo), oraz pianki auksetycznej (prawo).
Fig. 7. Rendered pictures of foam reconstructed numerically, foam with convex cells (left), auxetic foam (right)

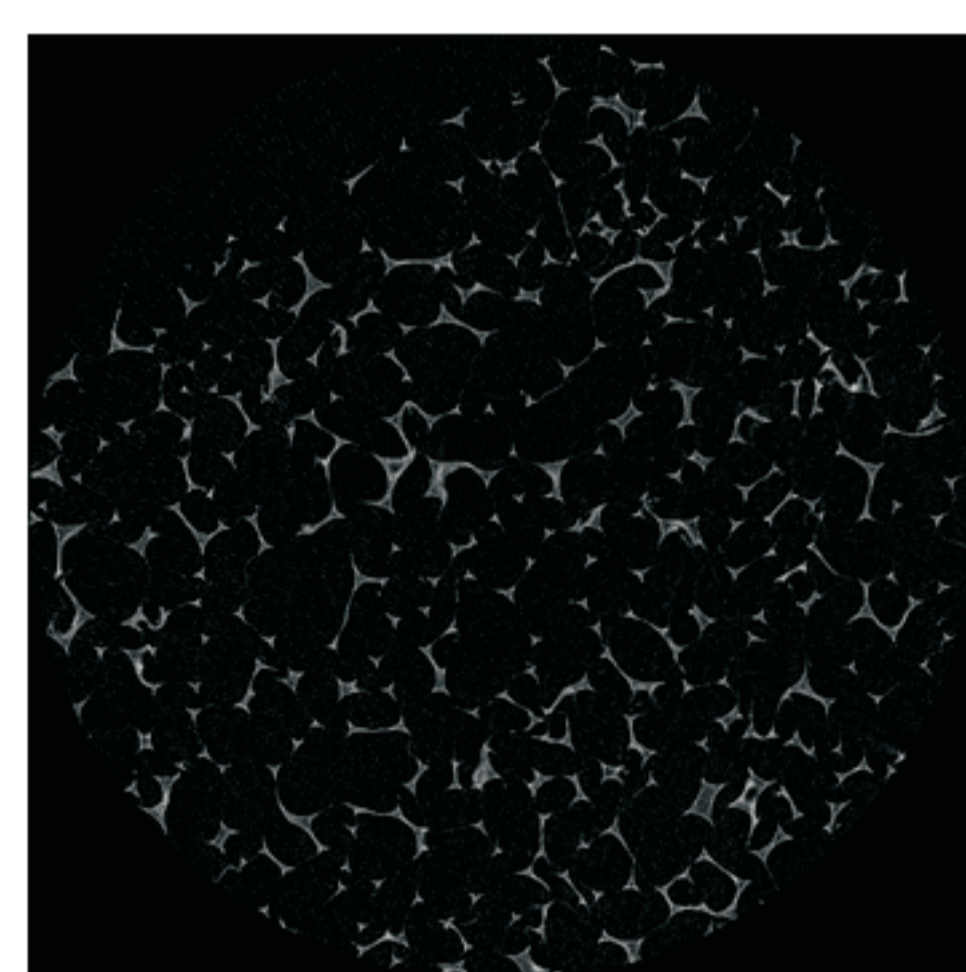
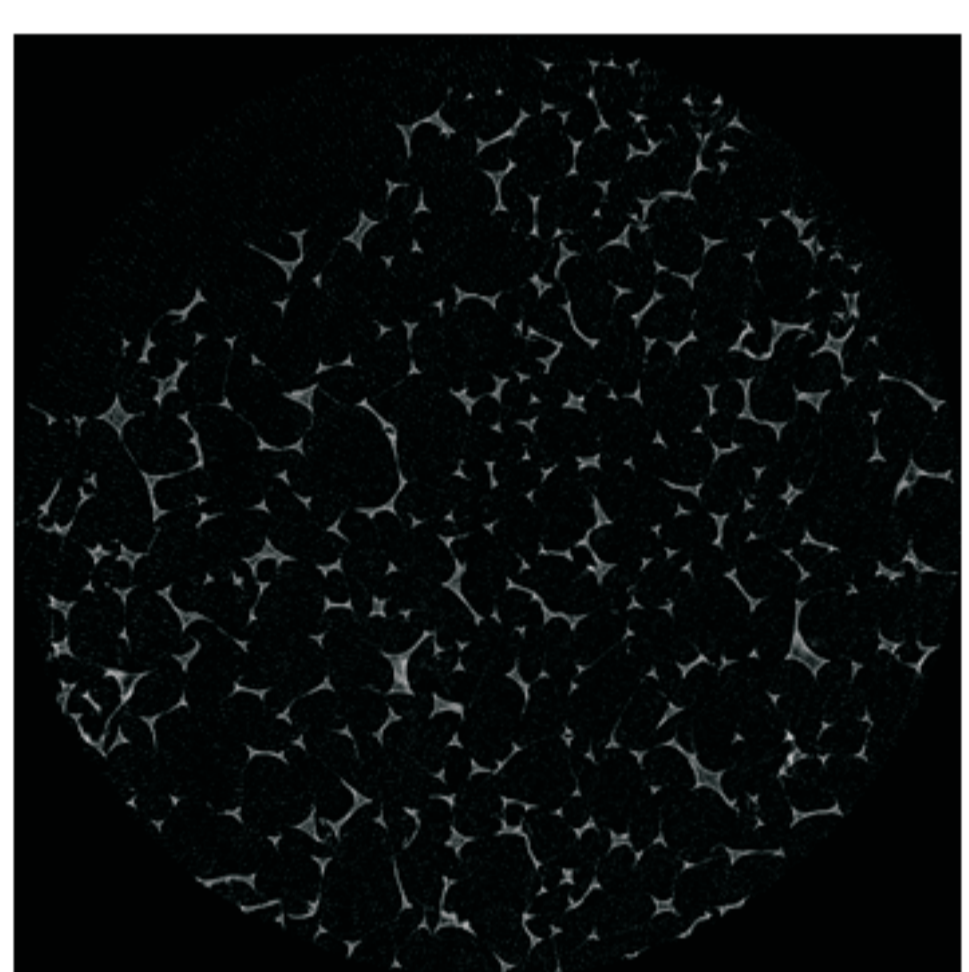


Rys. 8. Siatka metody elementów skończonych dla pianki o komórkach wypukłych (lewo), oraz dla pianki auksetycznej (prawo).
Fig. 8. Finite element mesh for foam with convex cells (left) and auxetic foam (right).

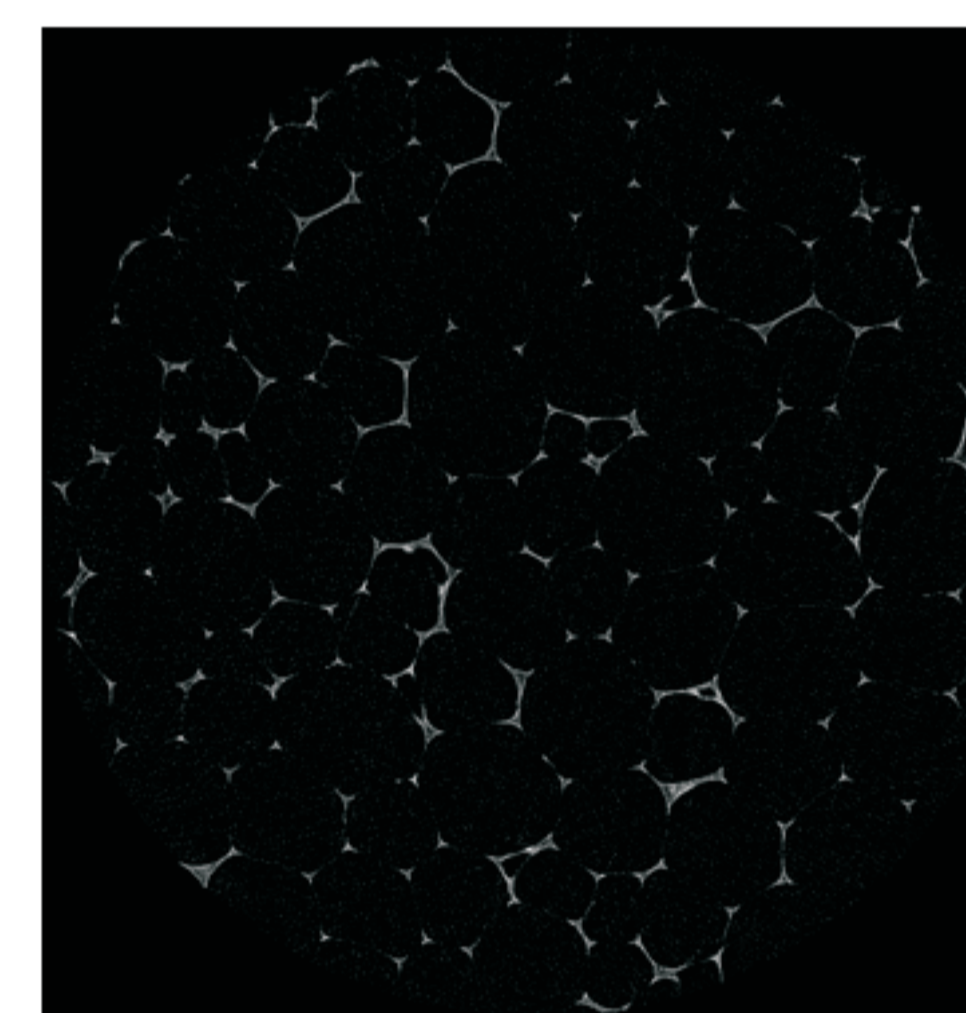
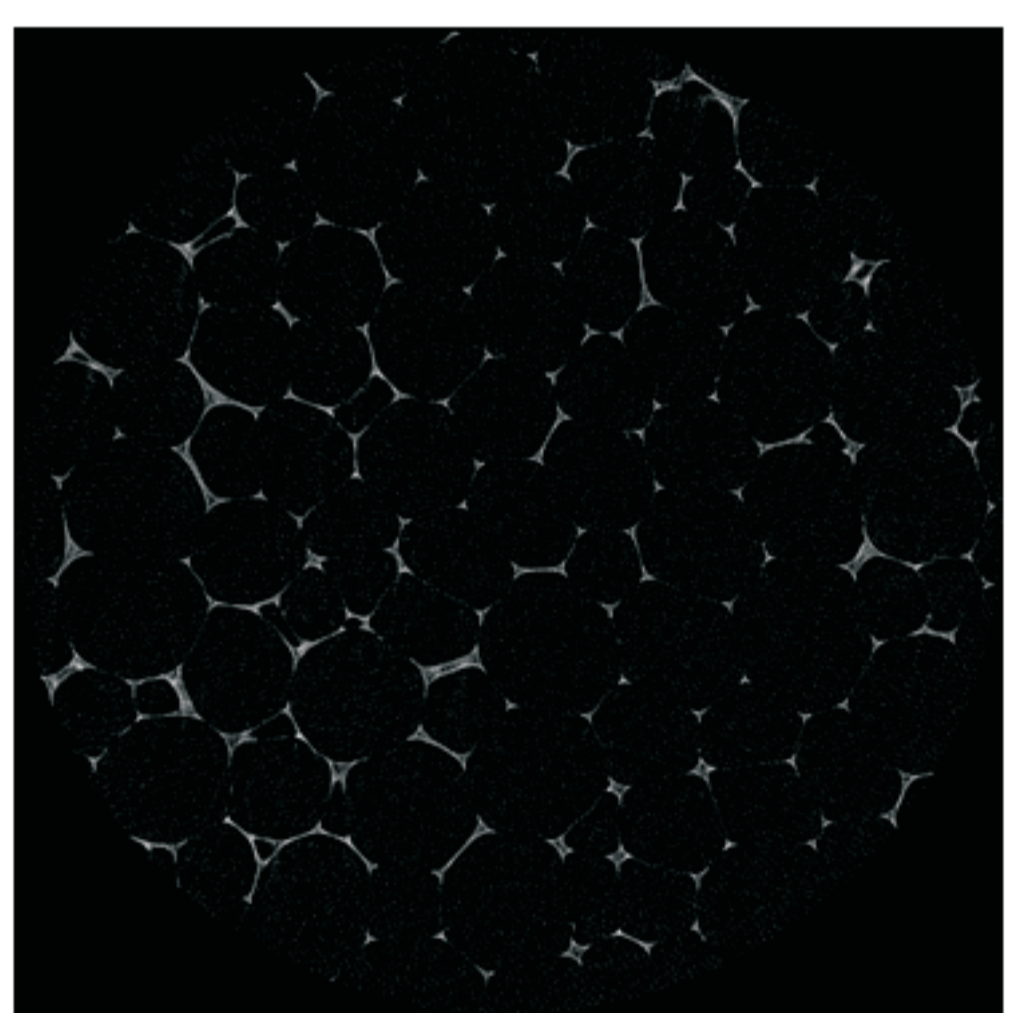


Rys. 9. Konfiguracja odniesienia (kolor szary) oraz aktualna (kolor zielony) pianki w procesie wszechstronnego ściskania.
Fig. 9. The reference (gray) and current (green) configuration of foam under triaxial compression load.

Rys. 10. Deformacja pianki o komórkach wypukłych w wyniku wszechstronnego ściskania.
Fig. 10. Deformation of foam with convex cells under triaxial compression.



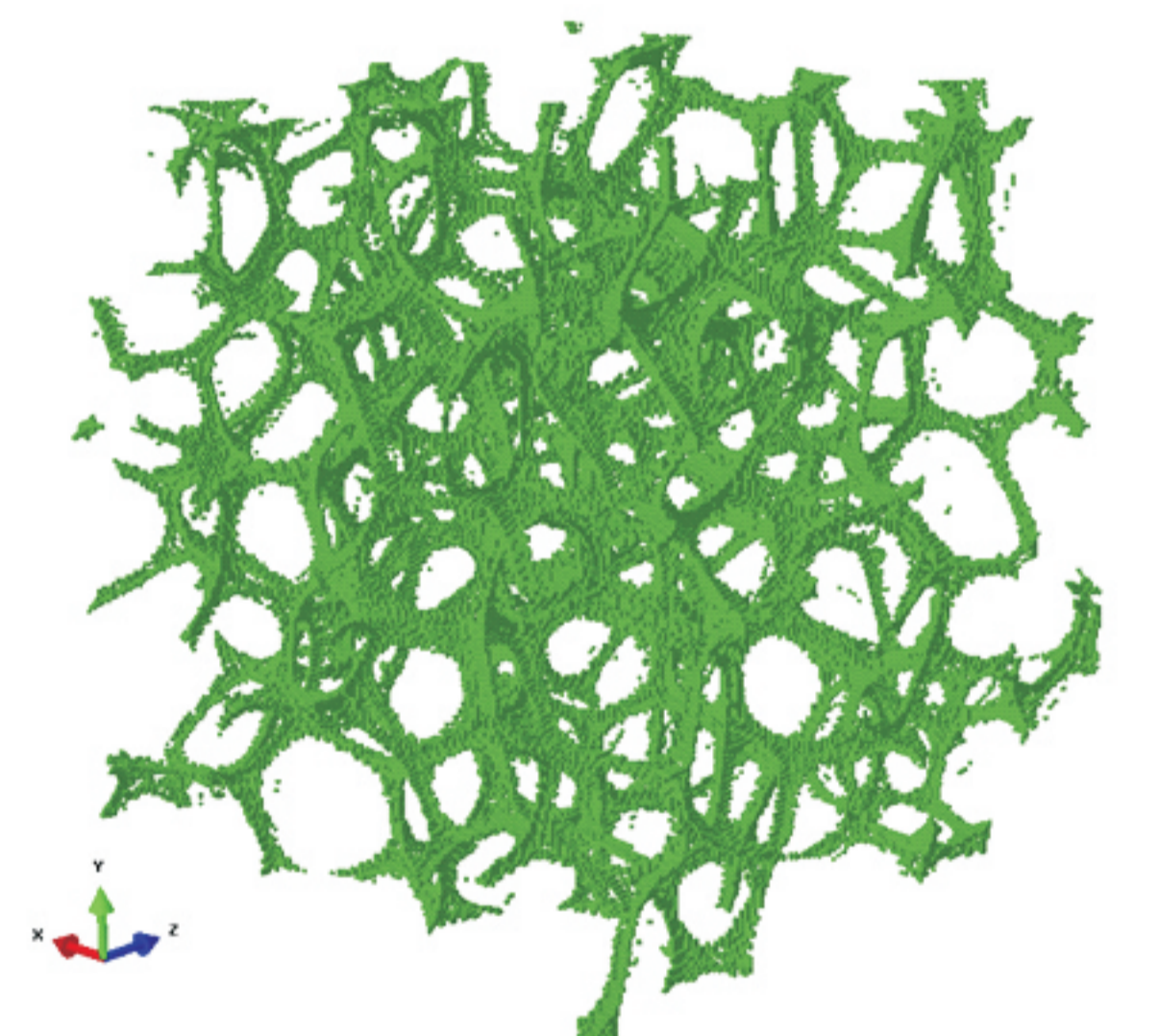
Rys. 1. Zdjęcia przekrojów poprzecznych pianki auksetycznej o porowatości 93%, wykonane przy użyciu mikrotomografii komputerowej.
Fig. 1: Cross-section images of auxetic foams with 93% porosity obtained using computer microtomography.



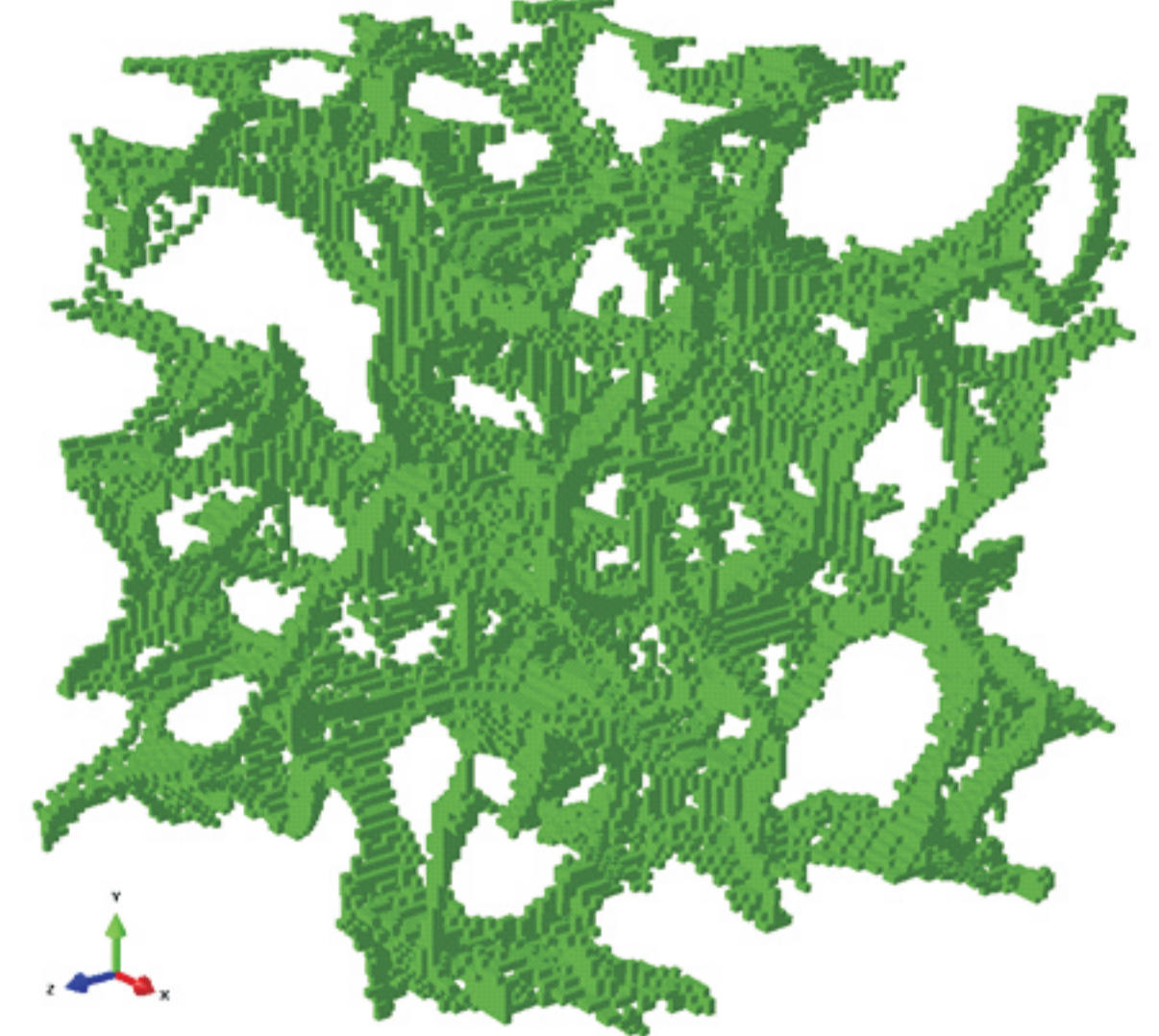
Rys. 2. Zdjęcia przekrojów poprzecznych pianki o wypukłych komórkach o porowatości 96,0%, wykonane przy użyciu mikrotomografii komputerowej.
Fig. 2: Cross-section images of convex cell foams with 96% porosity obtained using computer microtomography.

Model numeryczny struktury pianki

Mikrotomograficzne serie płaskich zdjęć posłużyły do budowy modelu numerycznego struktury pianki. Uzyskano przestrzenną strukturę pianki (Rys. 3, 4).



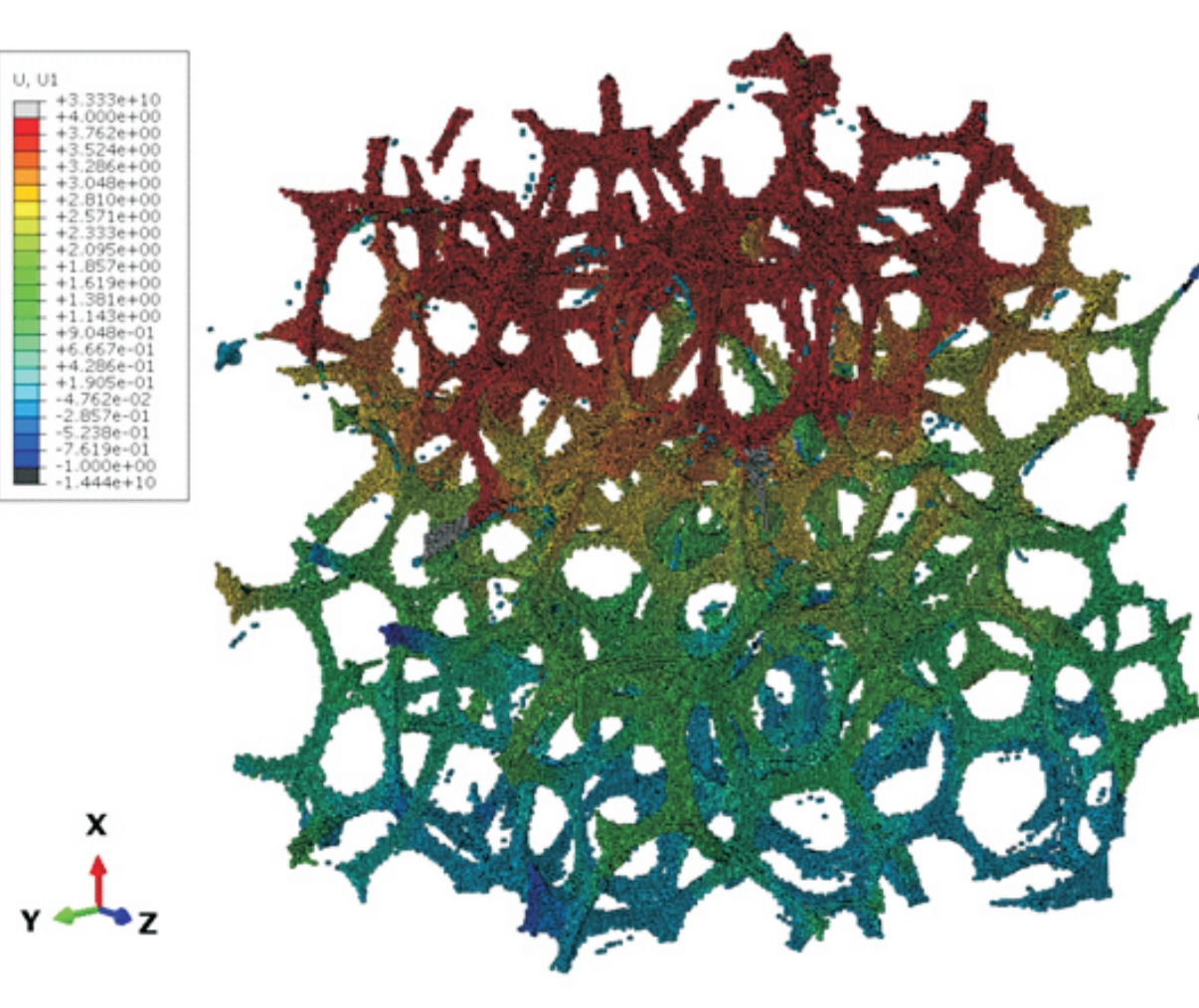
Rys. 3. Model numeryczny struktury pianki o komórkach wypukłych (2x2x2mm).
Fig. 3. Numerical model of foam with convex cells and dimensions (2x2x2mm).



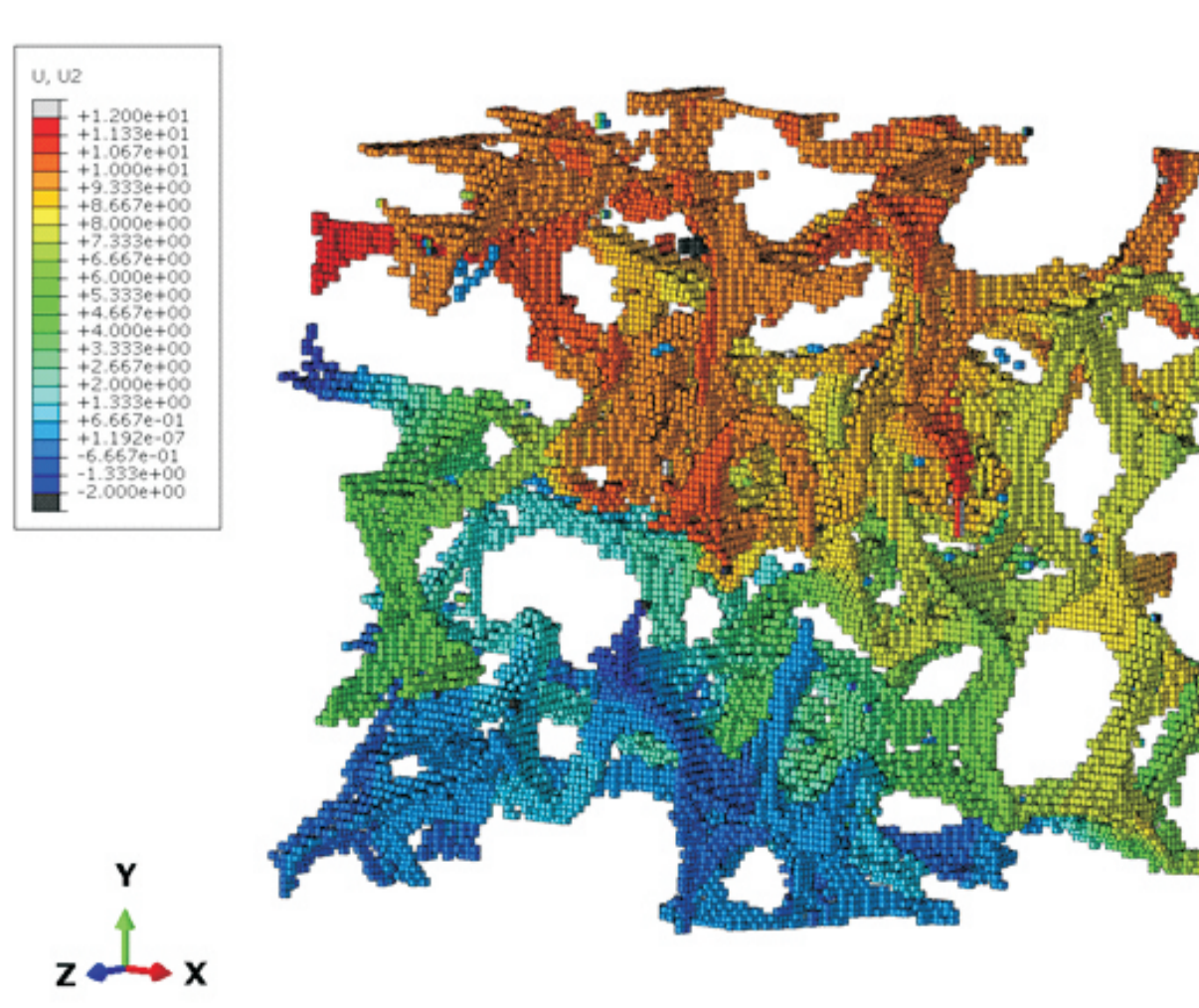
Rys. 4. Model numeryczny struktury pianki o komórkach wklęsłych (1x1x1mm).
Fig. 4. Numerical model of foam with reentrant cells and dimensions (1x1x1mm).

Symulacje numeryczne procesów deformacji

Obliczenia numeryczne przeprowadzono z użyciem programu metody elementów skończonych ABAQUS/STANDARD. W celu wyznaczenia współczynnika Poissona pianki auksetycznej założono liniowy izotropowy materiał szkieletu o stałych sprężystości dla miedzi, $E=126\text{GPa}$, $\nu = 0.3$. W wyniku przeprowadzonego testu rozciągania który zrealizowano wymuszając pionowe przemieszczenie równe 0.01L, (gdzie L to wysokość próbki) otrzymano współczynnik Poissona równy - 0.3 (Rys. 5, 6).



Rys. 5. Mapa przemieszczeń pionowych dla pianki o komórkach wypukłych.
Fig. 5. Distribution of vertical displacement under tension load for foam with convex cells.



Rys. 6. Mapa przemieszczeń pionowych dla pianki o komórkach wklęsłych.
Fig. 6. Distribution of vertical displacement under tension load for auxetic foam.

Wnioski Conclusions

Analiza struktury pianek z użyciem mikrotomografii komputerowej stanowi dobre narzędzie do konstruowania numerycznych modeli, które można użyć w symulacjach numerycznych procesów deformacji. Rezultaty przeprowadzonych obliczeń mogą być zastosowanego do przewidywania parametrów procesu podczas etapu produkcji.

Computer Tomography analysis of foams with reentrant cells provides a good basis for the computational reconstruction and numerical simulations of deformation. The results of the above analysis can be applied for the prediction of manufacturing requirements.

Badania własności akustycznych materiałów dla przemysłu lotniczego

Research on acoustic properties of materials for aircraft industry

Wyniki badań Results

Wykonanie próbek włóknistych o rozpoznanej mikrogeometrii oraz badania pochłaniania dźwięku

Manufacturing of samples of a fibrous material of known microgeometry and the measurements of sound absorption

Z drutu miedzianego o średnicy 0.5mm wykonano próbki „włókniste” materiału dźwiękochłonnego (który jest przy okazji żaroodporny). Próbki są cylindryczne o średnicy 29mm i różnych wysokościach (mianowicie 30mm i 60mm), przy zachowaniu tej samej projektowanej porowatości 90% (testowano również inne porowatości). Sposób wykonania próbek przedstawia Rys. 1.

Dla wykonanych próbek został pomierzony w rurze impedancyjnej współczynnik pochłaniania dźwięku dla kilku konfiguracji: (a) próbka o wysokości 30mm, (b) próbka o wysokości 60mm, (c) próbka 30mm + próbka 60mm, (d) próbka 60mm + próbka 30mm. Wyniki przedstawiono na Rys. 2.

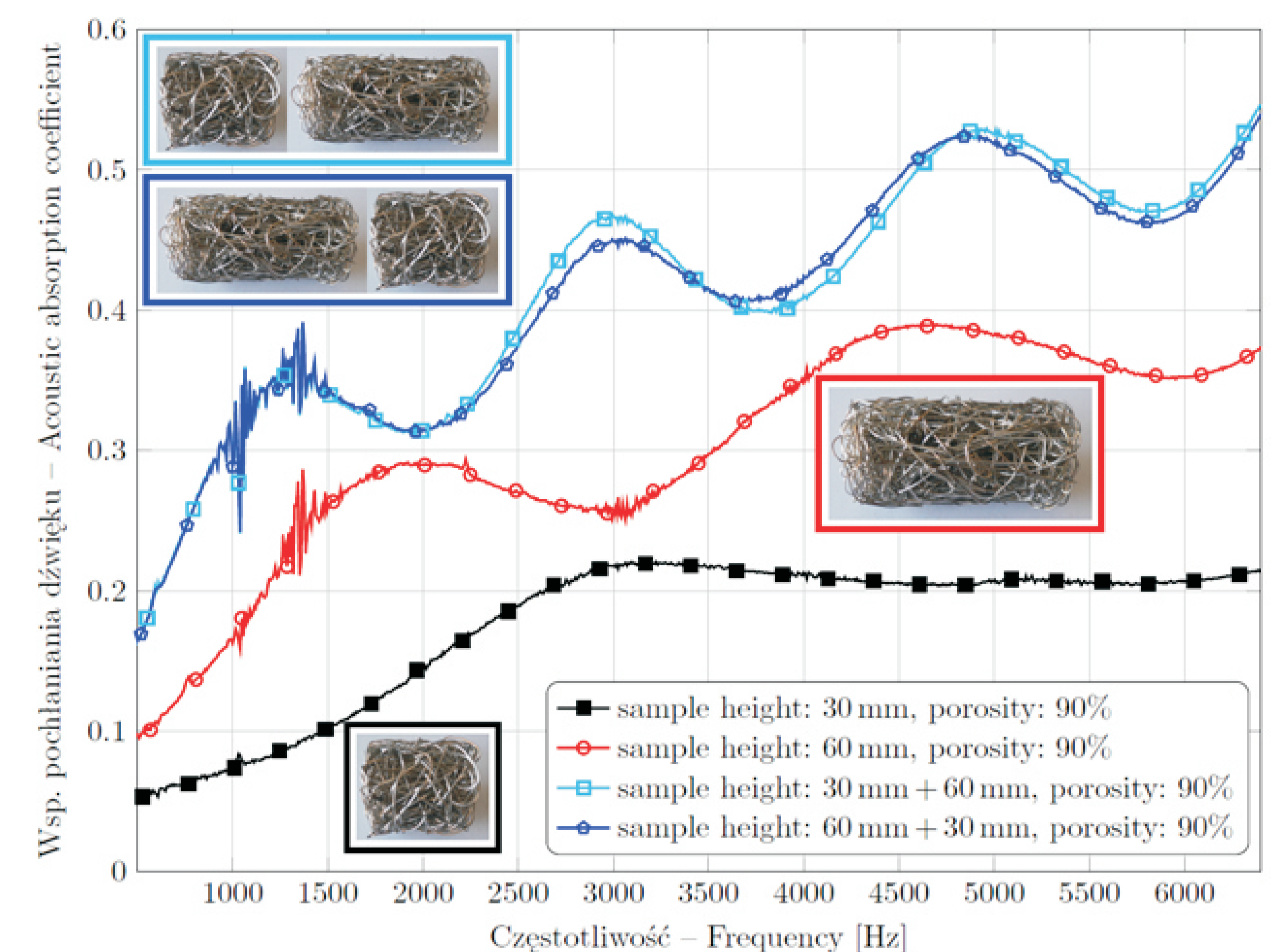
Sposób wykonania próbek pozwala dobrze określić podstawowe cechy geometrii ich mikrostruktury. Ponadto wyniki pomiarów są powtarzalne dla różnych próbek wykonywanych w ten sam sposób i o tej samej zadanej porowatości. Z tego względu wyniki badań eksperymentalnych powinny posłużyć do weryfikacji metody wieloskalowego modelowania dźwiękochłonnych materiałów włóknistych

Wykonanie próbek włóknistych oraz badania pochłaniania dźwięku

- Próbki (żaroodporne) wykonano z drutu miedzianego o średnicy 0.5mm
- Uzyskano zaprojektowaną porowatość całkowitą 90%
- Wyniki badań eksperymentalnych posłużą do weryfikacji wieloskalowego modelowania dźwiękochłonnych materiałów włóknistych



Rys. 1: Sposób ręcznego wykonywania próbek włóknistych z posrebrzanego miedzianego drutu o średnicy 0,5mm, przy pomocy pomiarowej rury impedancyjnej (widoczna próbka w rurze).
Fig. 1: The method of manufacturing of fibrous samples from a copper wire with diameter 0.5mm, using the tube from the acoustic measurement kit (see a sample in the tube)



Rys. 2: Współczynnik pochłaniania dźwięku próbek o porowatości 90% wykonanych z drutu miedzianego o średnicy 0,5mm
Fig. 2: Acoustic absorption coefficient for fibrous samples with porosity 90% made up from a copper wire with diameter 0.5mm

Wnioski Conclusions

Powtarzalność wyników pomiarów oraz dobra znajomość geometrii mikrostruktury próbek wykonanych ręcznie z drutu o średnicy 0.5mm sprawia, że posłużą one do weryfikacji wieloskalowego modelowania dźwiękochłonnych materiałów włóknistych, co z kolei pozwoli projektować tego typu materiały o włóknach o innej (mniejszej) średnicy.

The repeatability of measurement tests and a good recognition of fibrous microstructure of samples manufactured from a copper wire with diameter 0.5mm will serve for validation of the multi-scale modelling method of sound absorbing fibrous materials, which should be eventually used for design of such materials with fibres of various (smaller) diameters.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. B. Lipowska, M. Nowak, Z. Nowak, R.B. Pęcherski i A. Strępek, *Numerical simulation of deformation processes in auxetic foams*, 5th European Conference on Computational Mechanics", 20-25 lipca 2014r Barcelona, Hiszpania.
2. M. Nowak, Z. Nowak, R.B. Pęcherski, M. Potoczek i R.E. Śliwa, *Numerical estimation of the compressive strength of ceramic open-cell foams of variable cell sizes*, 5th European Conference on Computational Mechanics", 20-25 lipca 2014r Barcelona, Hiszpania.
3. M. Nowak, *Structural dependency of periodic unit cell models on mechanical properties of alumina foams*, 5th European Conference on Computational Mechanics", 20-25 lipca 2014r Barcelona, Hiszpania.
4. Zieliński T.G.: *"Sound absorption of porous layers of loosely-packed rigid spheres: multiscale modelling and experimental validation"*, 7th Forum Acusticum 2014, Kraków, 7-12 September 2014.
5. Zieliński T.G.: *"A methodology for a robust inverse identification of model parameters for porous sound absorbing materials"*, ISMA2014 – International Conference on Noise and Vibration Engineering, Leuven, 15-17 September 2014.
6. Zieliński T.G.: *"Microstructure generation for design of sound absorbing foams with spherical pores"*, SAPEM2014 – Symposium on the Acoustics of Poro-Elastic Materials, Stockholm, 16-18 December 2014.

Publikacje

1. Zieliński T.G.: *"Microstructure-based calculations and experimental results for sound absorbing porous layers of randomly packed rigid spherical beads"*, Journal of Applied Physics, Vol. 116, No. 3, Art. no. 034905, 2014. DOI: 10.1063/1.4890218.

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorskie

Autor: mgr inż. Marcin Nowak
Promotor: dr hab. Inż. Zdzisław Nowak
Tytuł: *Analiza deformacji i zniszczenia struktur komórkowych w zastosowaniu do symulacji procesu deformacji pianki korundowej ciekłym metalem*
Status: (w recenzji)