

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

Badania doświadczalne testu ściskania pianek korundowych

Experimental study of compression test for alumina foam

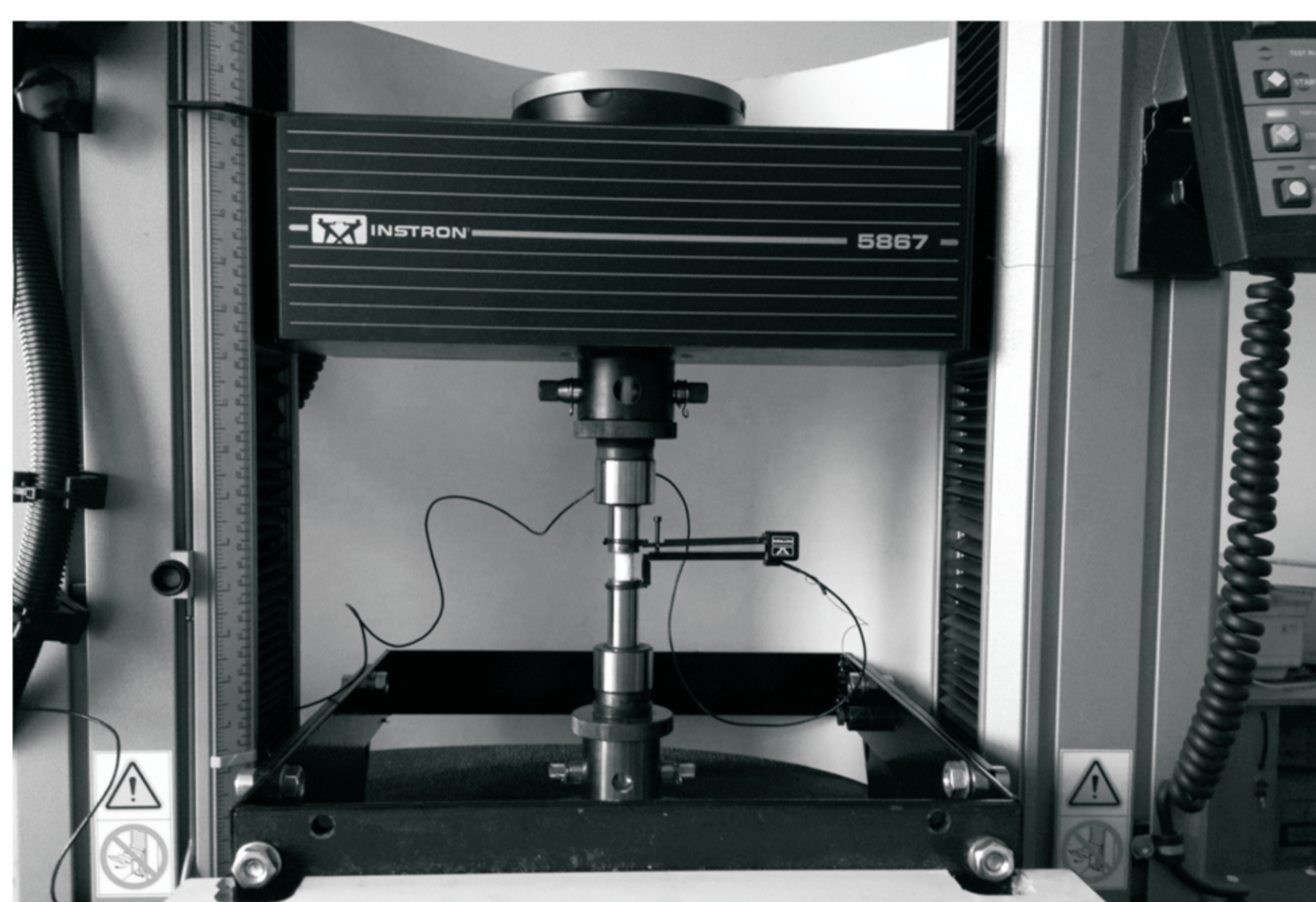
Wprowadzenie
Badania doświadczalne testu ściskania pianek korundowych zostały przeprowadzone w laboratorium Pracowni Plastyczności Stosowanej IPPT PAN na maszynie wytrzymałościowej INSTRON 5867 przestawionej na Rys. 1. Stosowano dwa rodzaje próbek o kształcie cylindrycznym i prostopadłościennym (Rys. 2), których porowatość wahała się w zakresie od 80% do 84%. Dla każdej porowatości zostały przeprowadzone trzy niezależne testy dla trzech różnych próbek.

Introduction
Experimental study of compression test for alumina foam were carried out in the Divisions of Applied Plasticity, IPPT PAN on the machine INSTRON 5867 which is shown in Fig. 1. Two kinds of samples having a cuboid and cylindrical shape (Fig. 2) were used in experiment. The porosity of the samples was in the range from 80% to 84%. For each porosity, three independent compression tests were performed for three different samples.

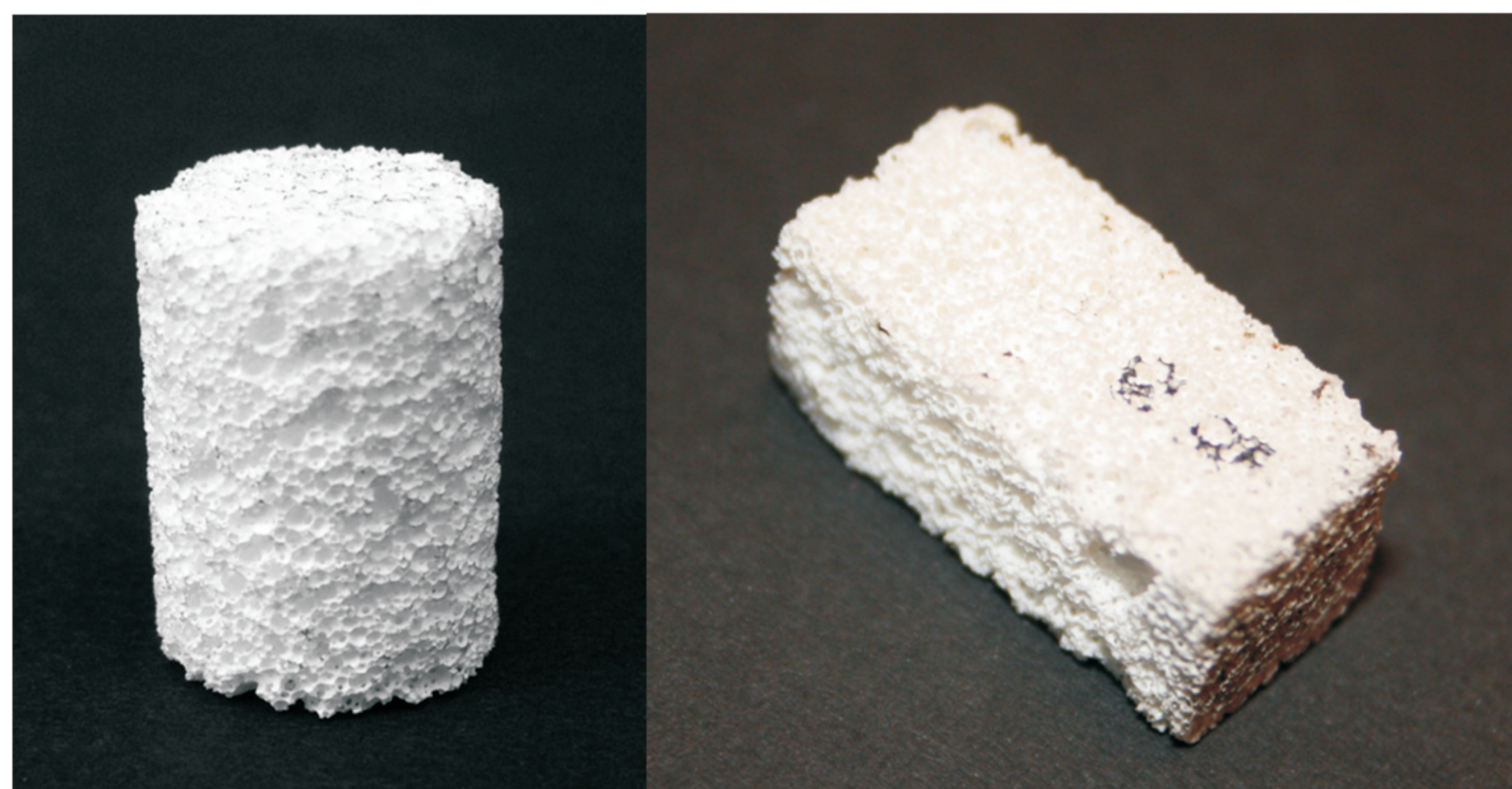
Badania doświadczalne

Każda z badanych próbek została umieszczona między dwie sztywne płyty maszyny wytrzymałościowej. Dolna płyta pozostawała w spoczynku bez możliwości przemieszczenia się, natomiast płyta górna połączona z trawersą maszyny przemieszczała się w kierunku pionowym, powodując ściskanie pianki korundowej. Pomiar wartości przemieszczeń był rejestrowany na dwa sposoby: pomiar przemieszczeń trawersy oraz pomiar względnego przemieszczenia ramion ekstensometru mechanicznego przytwierdzonego do uchwytów maszyny. Analiza obu pomiarów przemieszczeń nie wskazała żadnych istotnych różnic. Wynika to przede wszystkim z bardzo małego stosunku sztywności badanych pianek korundowych i sztywności maszyny wytrzymałościowej.

Wszystkie badania eksperymentalne zostały przeprowadzone z prędkością odkształcenia 10-4 1/s. Maksymalne zadane przemieszczenie dla każdego testu wynosiło 2mm. Test był przerywany po osiągnięciu maksymalnego przemieszczenia lub przy istotnym spadku wartości przenoszonej siły. Aby zredukować tarcie występujące na powierzchni kontaktu płyta - pianka, zastosowany został odpowiedni smar, który nałożono na stykające się ze sobą powierzchnie.

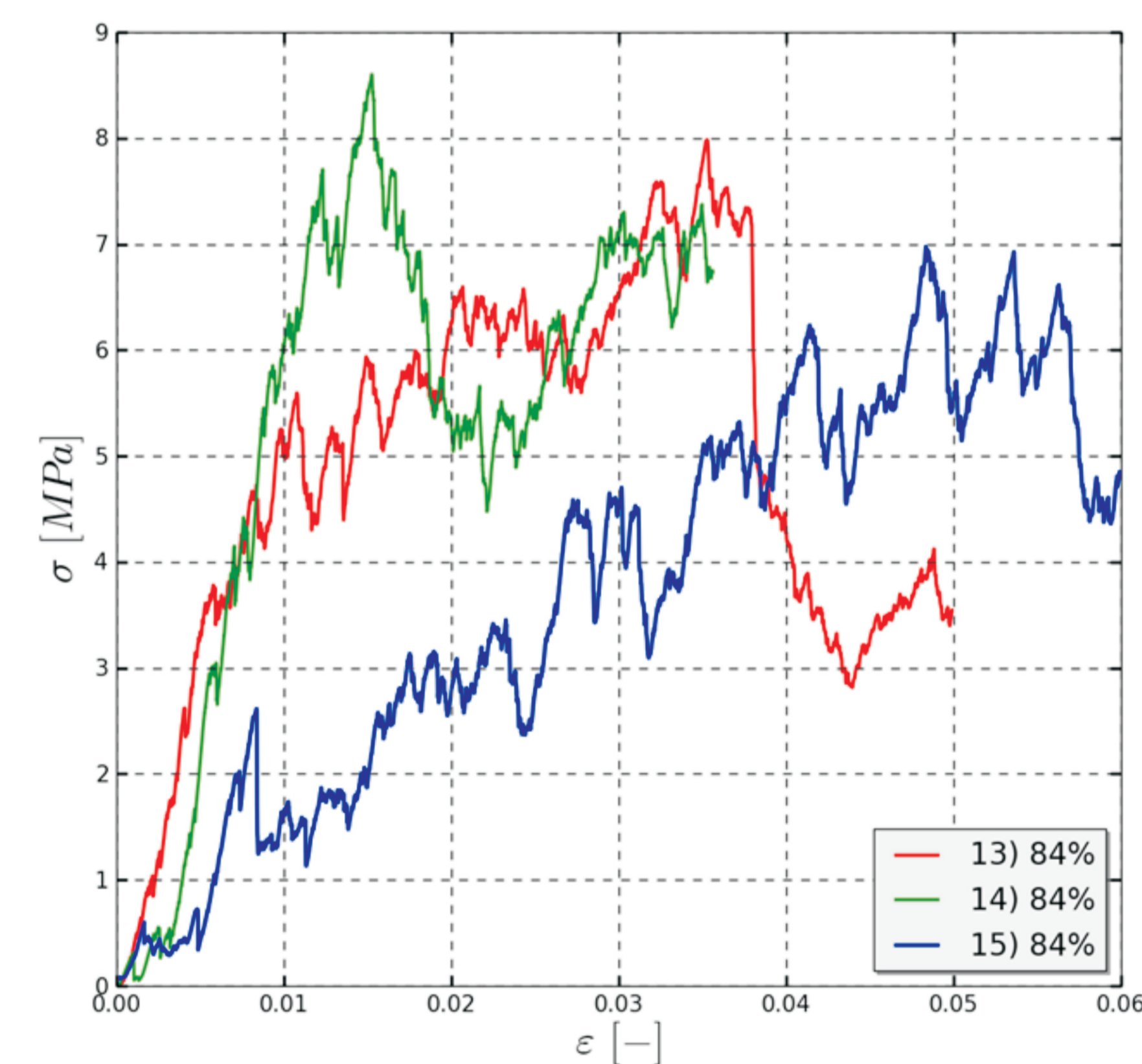


Rys. 1. Układ pomiarowy podczas testu ściskania pianek korundowych.
Fig. 1. The measuring system for compression test of the alumina foams.



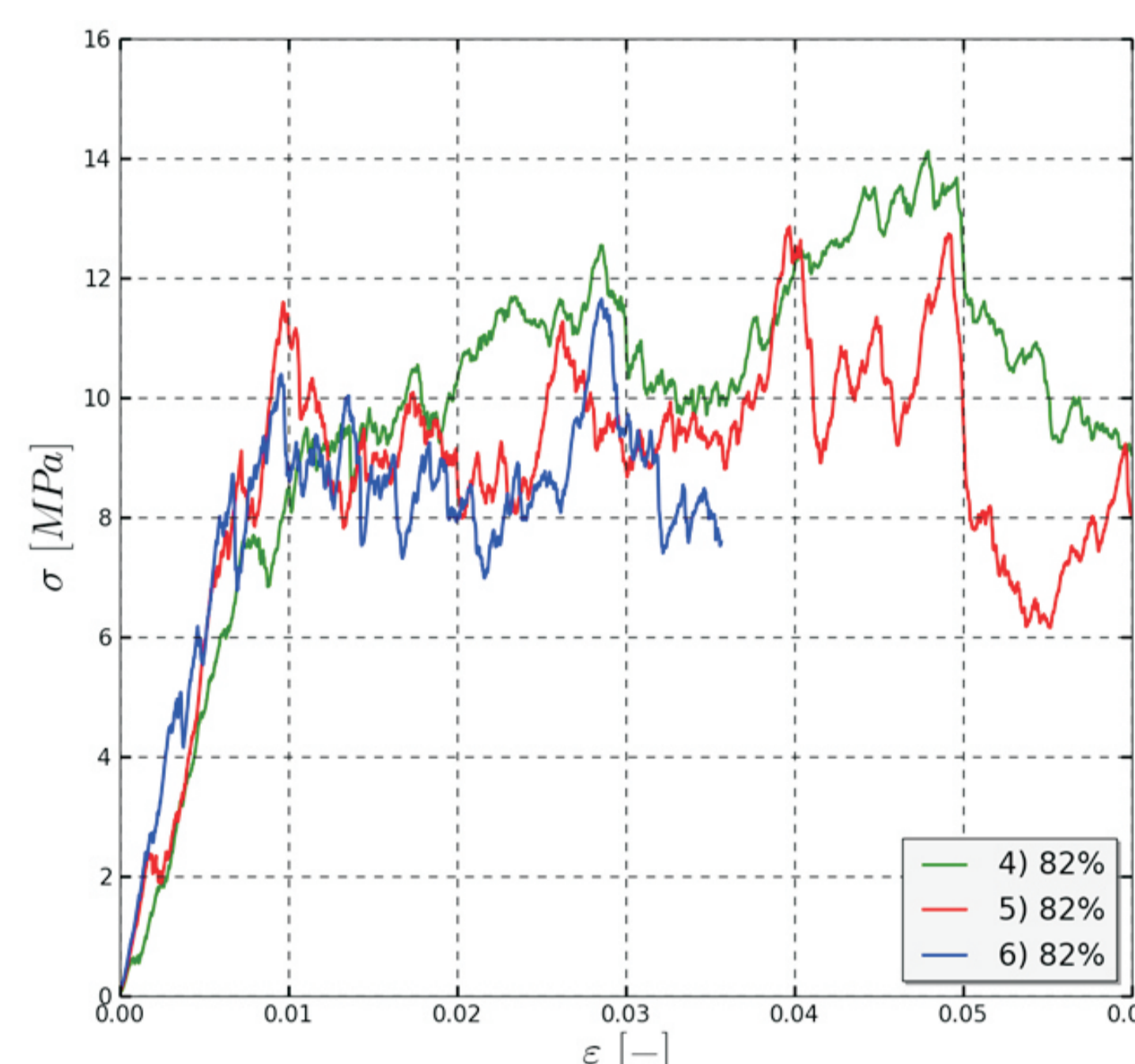
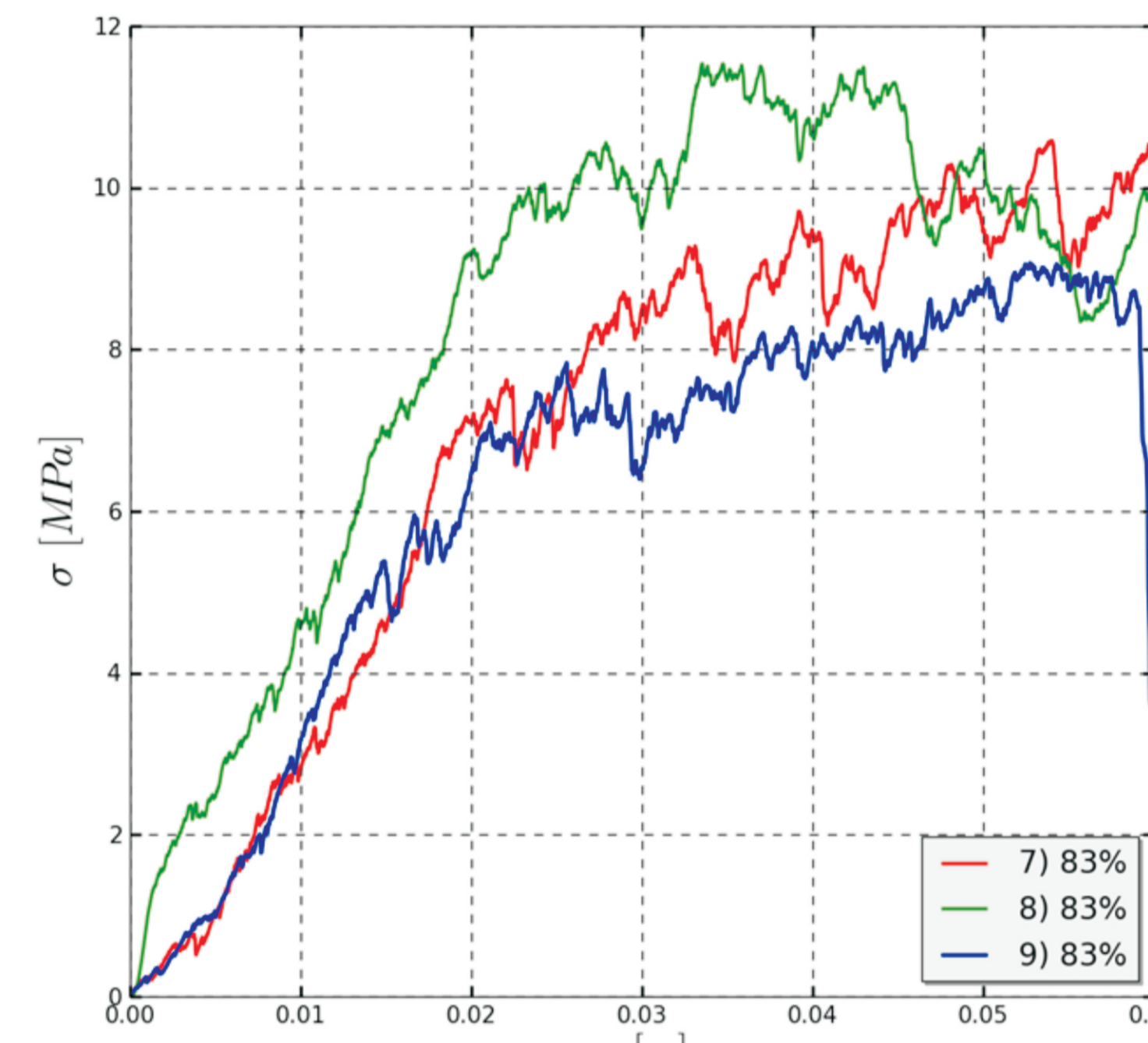
Rys. 2. Kształty próbek pianki korundowej przygotowane do badań doświadczalnych w procesie ściskania.
Fig. 2. Alumina foam samples used to experimental studies of compression test.

Wyniki badań doświadczalnych przedstawiono na rysunkach (Rys. 3, 4, 5, 6) dla pianek korundowych o porowatości 84%, 83%, 82% i 80%. Uzyskane krzywe naprężenie odkształcenie cechuje skokowy charakter, spowodowany lokalnym kruszeniem się ścianek pianki w wyniku procesu deformacji. Po osiągnięciu maksymalnej wartości naprężenia, charakter krzywych oscyluje wokół jednej wartości do momentu powstania dominującego pęknięcia.

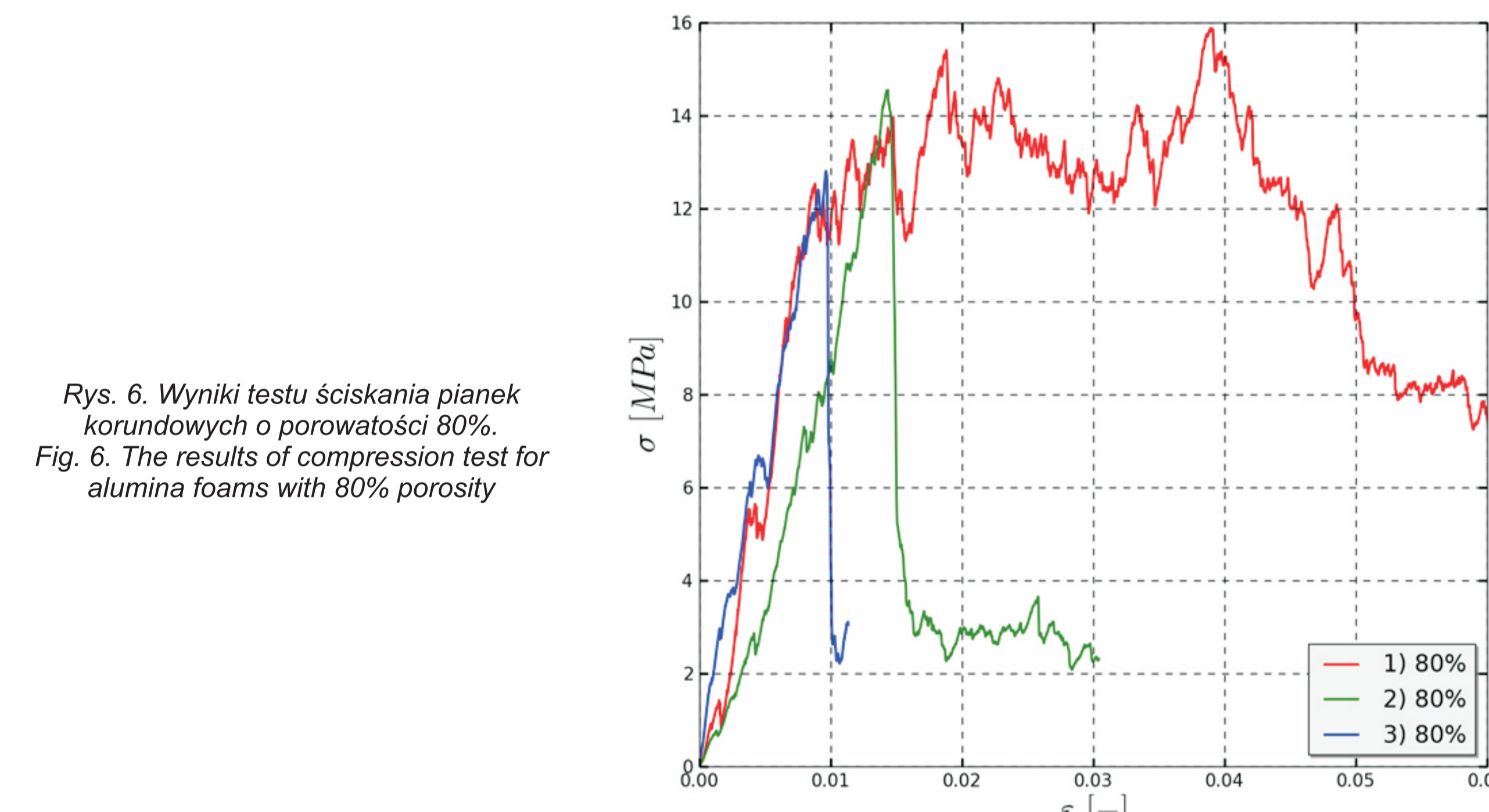


Rys. 3. Wyniki testu ściskania pianek korundowych o porowatości 84%.
Fig. 3. The results of compression test for alumina foams with 84% porosity.

Rys. 4. Wyniki testu ściskania pianek korundowych o porowatości 83%.
Fig. 4. The results of compression test for alumina foams with 83% porosity.



Rys. 5. Wyniki testu ściskania pianek korundowych o porowatości 82%.
Fig. 5. The results of compression test for alumina foams with 82% porosity.



Rys. 6. Wyniki testu ściskania pianek korundowych o porowatości 80%.
Fig. 6. The results of compression test for alumina foams with 80% porosity.

Wnioski Conclusions

Przeprowadzone badania doświadczalne pianek korundowych pozwoliły na określenie ich wytrzymałości na ściskanie, które w bezpośredni sposób zależą od porowatości pianki. Dla pianki o porowatości 84% uzyskano wytrzymałość 7 MPa, oraz odpowiednio dla pianek o porowatości 83% - 10 MPa, 82% - 12 MPa, 80% - 15 MPa. Określona wytrzymałość na ściskanie pianki w połączeniu z ciśnieniem niezbędnym do jej infiltracji ciekłym metalem daje odpowiedź czy dana pianka nie ulegnie uszkodzeniu. Zagadnienie to ma kluczowe znaczenie przy produkcji nowych materiałów, jakimi są kompozyty o przenikających się fazach, które mogą znaleźć zastosowanie w lotnictwie.

The conducted experimental studies on alumina foams behaviour allowed to determine their compressive strength, which directly depends on the porosity of the foam. For the foam with 84% porosity, the obtained strength is equal 7 MPa and for foams with porosity 83% - 10 MPa, 82% - 12 MPa, 80% - 15 MPa, respectively. The determination of compressive strength of the foam together with the pressure which is necessary for the liquid metal infiltration gives an answer whether the foam will not be damaged during such a process. This issue is crucial in the production of new materials, namely interpenetrating phases composites, which can be used in aerospace industry.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

- B. Lipowska, M. Nowak, Z. Nowak, R.B. Peçherski i A. Stręk, **Numerical simulation of deformation processes in auxetic foams**, 11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), July 20-25, 2014, Barcelona, Spain.
- M. Nowak, Z. Nowak, R.B. Peçherski, M. Potoczek i R.E. Stliwa, **Numerical estimation of the compressive strength of ceramic open-cell foams of variable cell sizes**, 11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), July 20-25, 2014, Barcelona, Spain.
- M. Nowak, **Structural dependency of periodic unit cell models on mechanical properties of alumina foams**, 11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), July 20-25, 2014, Barcelona, Spain.
- 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.
- Zieliński T.G.: **"A methodology for a robust inverse identification of model parameters for porous soundabsorbing materials"**. ISMA2014 - International Conference on Noise and Vibration Engineering, Leuven, 15-17 September 2014.

Publikacje:

- Zieliński T.G.: **"Microstructure-based calculations and experimental results for sound absorbing porous layers of randomly packed rigid spherical beads"**. Journal of Applied Physics [accepted for major revision, IF:2.210, MNI:35pkt].

Prace hab., dr, mgr

Praca doktorska:

Tytuł: **Analiza deformacji i zniszczenia struktur komórkowych w zastosowaniu do symulacji procesu infiltracji pianki korundowej ciekłym metalem.**

Autor: mgr inż. Marcin Nowak

Promotor: dr hab. inż. Zdzisław Nowak

Status: W trakcie realizacji (rozprawa została przedłożona Komisji Doktorskiej IPPT PAN).

Wyniki badań Results

Badania własności akustycznych korundowych pianek kompozytowych z porami częściowo wypełnionymi żywicą

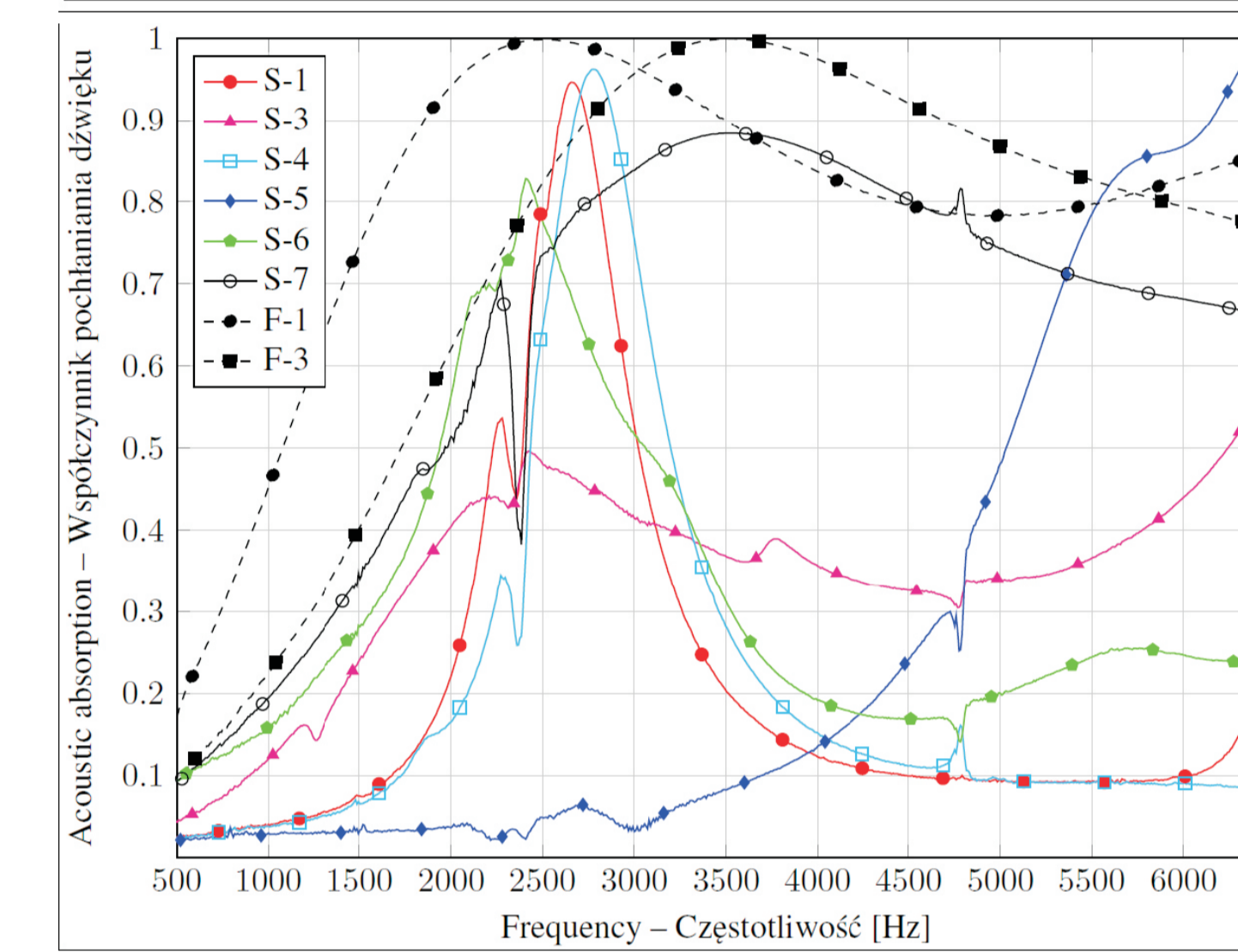
Acoustic isolation properties of corundum ceramic foams and composites with pores partially filled with epoxy resin



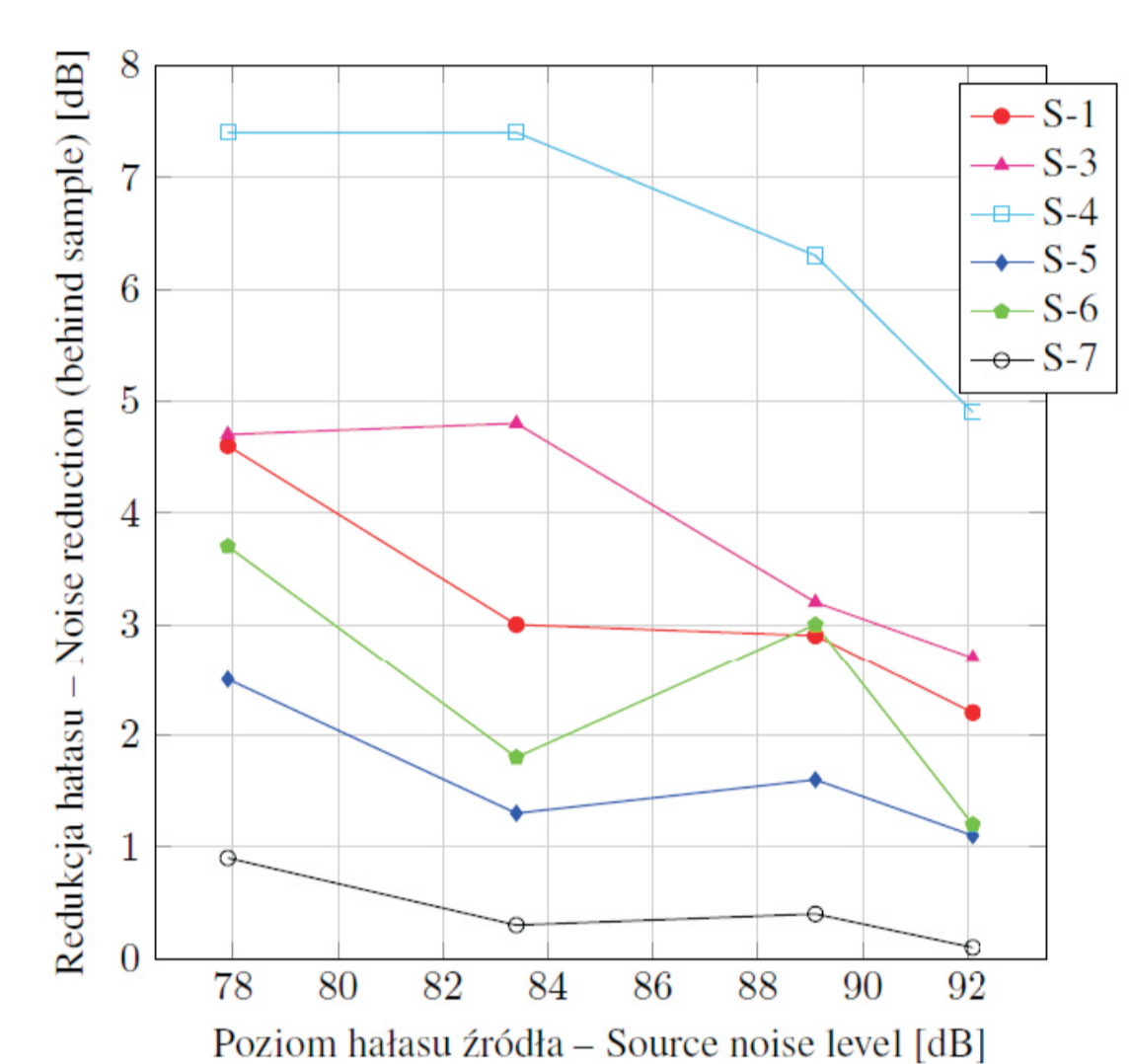
Rys. 1: Próbkę kompozytowe (S-1, S-3, S-4, S-5, S-6) wykonane z korundowej ceramiki porowatej z porami częściowo wypełnionymi żywicą oraz próbka czystej korundowej pianki ceramicznej (S-7)
Fig. 1: Composite samples (S-1, S-3, S-4, S-5, S-6) made up from porous corundum ceramics with pores partially filled with epoxy resin, and a sample of pure corundum ceramic foam (S-7)

Table 1: Cechy (kompozytowych) próbek ceramicznych
Table 1: Features of (composite) ceramic samples

Próbka - Sample:	S-1	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7
Grubość - Thickness [mm]:	11.8	10.6	8.0	10.2	15.2	15.8
Srednica - Diameter [mm]:	28.8	27.6	28.4	28.1	28.5	28.6
Nasylenie - Saturation [%]:	95	87	95	93	65	0
Masa - Mass [g]:	11	8	7	10	10	4
Gęstość - Density [g/cm³]:	1.44	1.26	1.38	1.58	1.03	0.39



Rys. 3: Pochłanianie dźwięku przez kompozyty korundowe (S-1, S-3, S-4, S-5, S-6) i czyste pianki korundowe (S-7, F-1, F-3)
Fig. 3: Acoustic absorption of corundum ceramic composites (S-1, S-3, S-4, S-5, S-6) and pure corundum foams (S-7, F-1, F-3)



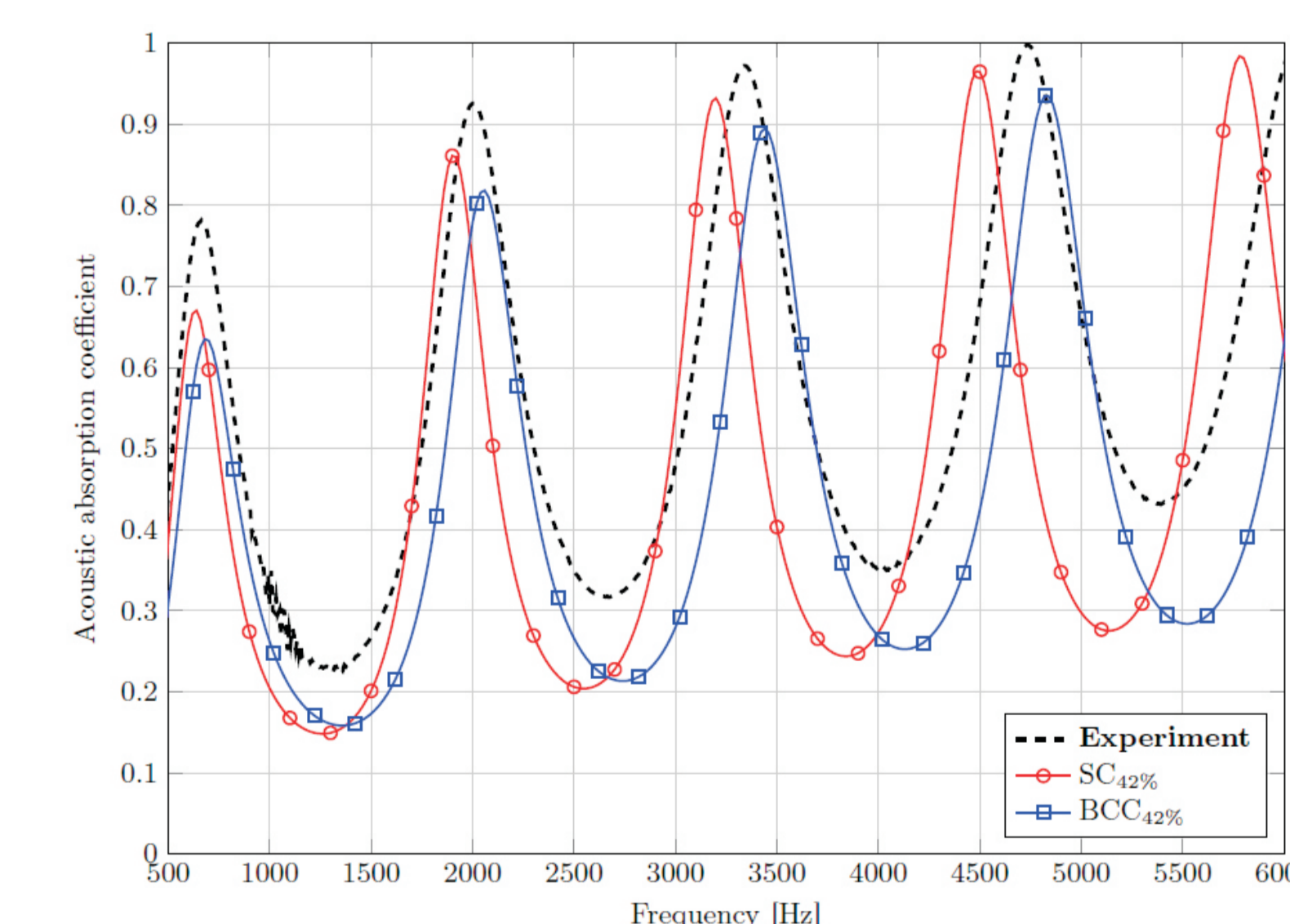
Rys. 2: Stopień redukcji hałasu za przegrodą z poszczególnych próbek kompozytowych (S-1, S-3, S-4, S-5 i S-6) oraz czystej pianki korundowej (S-7), przy zadanych poziomach hałasu źródłowego
Fig. 2: Noise reduction behind the composite samples (S-1, S-3, S-4, S-5 and S-6), or the pure ceramic foam sample (S-7), for various source noise levels

Modelowanie wieloskalowe i weryfikacja doświadczalna własności pochłaniania dźwięku przez struktury porowate

Multiscale modelling and experimental validation of acoustic absorption properties of porous media



Rys. 4: Warstwa luźno upakowanych identycznych kulek (o średnicy 5,9mm) badana w rurze impedancyjnej oraz dwa typy komórek reprezentatywnych dla analiz mikrostrukturnych modelowania wieloskalowego: SC42% (upakowanie typu SC, porowatość 42% dzięki lekkiemu nasunięciu kulek) oraz BCC42% (upakowanie typu BCC, porowatość 42% dzięki lekkiemu rozsunięciu kulek)
Fig. 4: A layer of loosely-packed identical spherical beads (with diameter 5.9mm) to be measured in the impedance tube and two types of representative cells used in the microstructural analyses of multiscale modelling: SC42% (SC sphere-packing with slightly overlapping spheres to adjust to the actual porosity of 42%) and BCC42% (BCC sphere-packing with spheres slightly shifted apart to adjust to the actual porosity of 42%)



Rys. 5: Współczynnik pochłaniania dźwięku dla warstwy o grubości 106mm utworzonej z luźno wyspanych identycznych sztywnych kulek (o średnicy 5,9mm): wyniki eksperymentalne (pomiar w rurze impedancyjnej) oraz rezultaty wieloskalowych analiz mikrostrukturnych na bazie dwu reprezentatywnych komórek SC42% i BCC42%
Fig. 5: Acoustic absorption of 106mm-thick layer of identical rigid beads (with diameter 5.9mm): the experimental results (measured in the impedance tube) and the numerical estimations based on multiscale

Wnioski Conclusions

(1) Kompozyty z porami wypełnionymi żywicą i gęste pianki korundowe (o zamkniętej porowatości) wykazują dobrą redukcję hałasu jako samoistne przegrody ze względu na efekt odbicia fal akustycznych. Z tej samej przyczyny są one jednak słabymi pochłaniaczami dźwięku. Pianki korundowe o otwartej/wysokiej porowatości (rzędu 90%) są znakomitymi pochłaniaczami i powinny się sprawdzić jako wypełniacze lekkich przegród akustycznych (jako rdzenie struktur sandwichowych).

The ceramic composites with pores partially filled with epoxy resin as well as the dense ceramic foams (with closed porosity) tend to well reduce the noise as acoustic barriers, thanks to the effect of reflection of acoustic waves. However, the closed or clogged porosity is also the reason for the fact that they are poor sound absorbers. The ceramic foams of open/high porosity (about 90%) are excellent sound absorbers and should be effectively utilised as sandwich cores in lightweight acoustic barriers.

(2) Wyniki eksperymentalne pochłaniania dźwięku przez warstwę ośrodka porowatego wykonaną z luźno wyspanych identycznych sztywnych kulek są zgodne z rezultatami wieloskalowego modelowania tego problemu przy wykorzystaniu analiz MES w oparciu o mikrostruktury reprezentatywne o regularnym upakowaniu sfer typu SC lub BCC, z dopasowaną porowatością (tóż samą z pomierzoną wartością rzeczywistą 42%).
Experimental measurements of sound absorption of a porous layer made up of loosely-packed identical rigid spherical beads are in a good compliance with the results of multiscale modelling of this phenomenon based on the finite element analyses carried out using representative microstructural cells with regular sphere-packing of the SC or BCC kinds, with the adjusted porosity (identical to the actual measured value of 42%).