

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

Opracowanie technologii wytwarzania korundowych kształtek o budowie piany jako matrycy do infiltracji metalami i polimerami

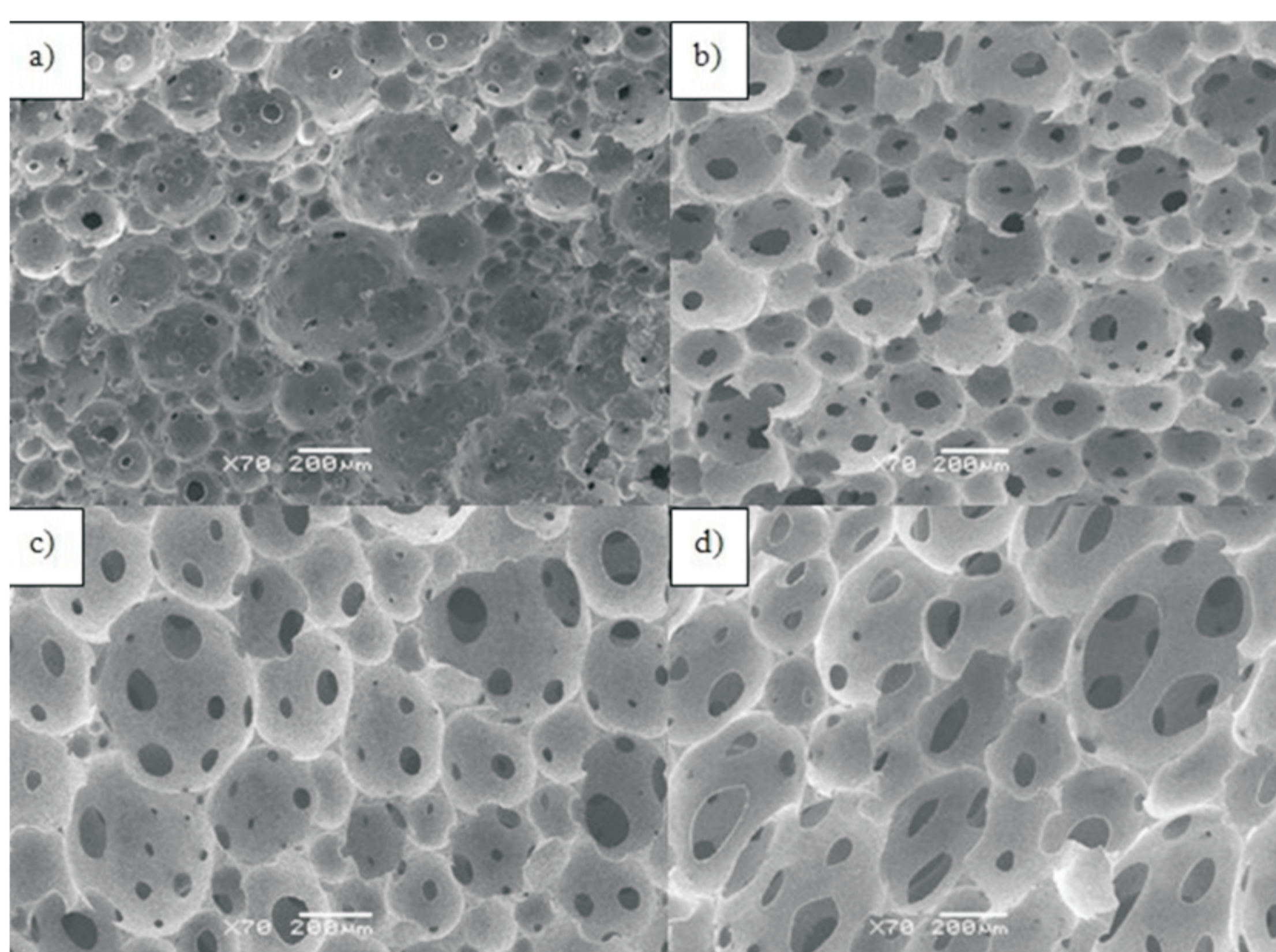
Design of alumina bodies having foam structure as a preforms for metal and polymer infiltration

Ceramika jako materiał konstrukcyjny odznacza się niezwykłą żaroodpornością i żarowytrzymałością, odpornością na erozję oraz zużycie ściernie, małą gęstością, twardością i sztywnością, a także niezłą wytrzymałością mechaniczną. W porównaniu z metalami, materiały ceramiczne charakteryzują się niższą odpornością na kruche pęknięcie i większym rozrzutem wytrzymałości mechanicznej. Te niekorzystne właściwości można poprawić, wykorzystując ceramikę m.in. jako porowatą osnowę kompozytu ceramika - metal lub ceramika - polimer. Przemysł motoryzacyjny, lotniczy i branże pokrewne oczekują od materiałów konstrukcyjnych podwyższonej odporności termicznej, co najmniej do 170°C oraz dobrych parametrów mechanicznych. Epoksydy dzięki swym cennym właściwościom użytkowym, należą do specyficznych i wyróżniających się tworzyw polimerowych. Odnaczają się znakomitą adhezją i odpornością chemiczną, małym skurczem podczas utwardzania oraz dosyć łatwym przetworstwem, jednak wykazują małą odporność termiczną - w przeciwieństwie do ceramiki. Biorąc pod uwagę właściwości korundu i żywicy epoksydowej, wydaje się całkowicie uzasadnione połączenie tych dwóch komponentów.

Ceramic as a construction material has a remarkable heat resistance, creep resistance, resistance to erosion and wear, low density, toughness, rigidity, and good mechanical strength. In comparison with metals, ceramic materials are characterized by a lower fracture toughness and mechanical strength greater projection. These disadvantageous can be improved by using ceramic as a porous matrix for ceramics - metal or ceramic - polymer composite. Automotive, aerospace and allied industries expect of construction materials increased thermal resistance, at least up to 170 °C and good mechanical properties. Epoxy resins thanks to its valuable utility properties belong to the specific and distinctive polymers. They are characterized by excellent adhesion and chemical resistance, low shrinkage upon curing, and quite easy processing. However, epoxy resin show a low thermal - resistance as opposed to ceramics. Considering the properties of alumina and epoxy resin, combination of these two components is fully justified.

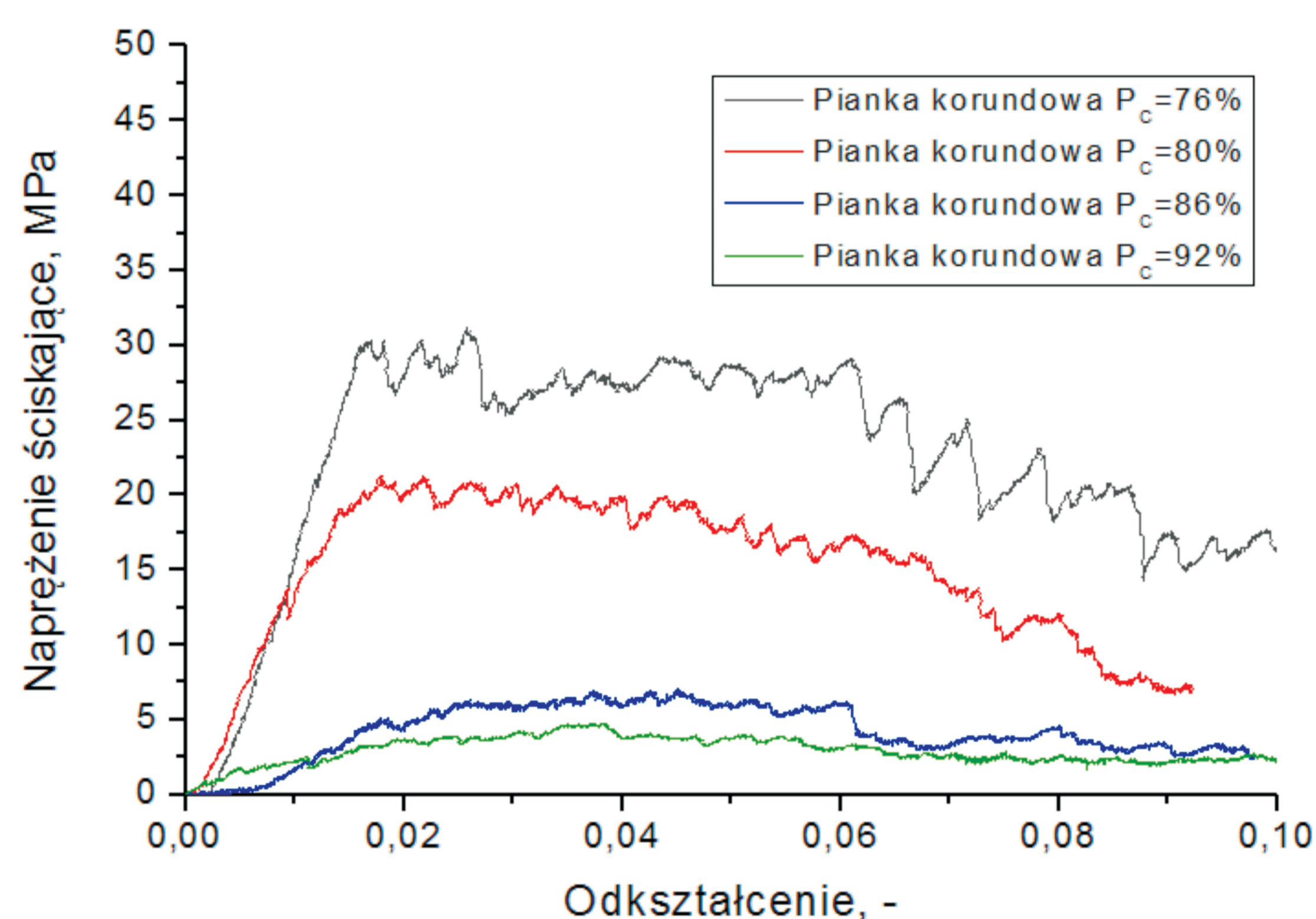
Wykonanie pianek korundowych o różnej porowatości całkowitej przeznaczonych do infiltracji polimerami - charakterystyka morfologiczna i mechaniczna

Na rysunku (rys.1) przedstawiono zdjęcia SEM przelotowy wykonanych pianek korundowych o różnej porowatości całkowitej: 76, 80, 86 i 92%, wykonane na skaningowym mikroskopie elektronowym typu „Jeol” JSM - 550 LV.



Rys. 1. Mikrostruktura pianek korundowych o różnej porowatości całkowitej, wykonanych metodą żelowania spienionej zawiesiny: a) 76%, b) 80%, c) 86%, d) 92%, SEM.

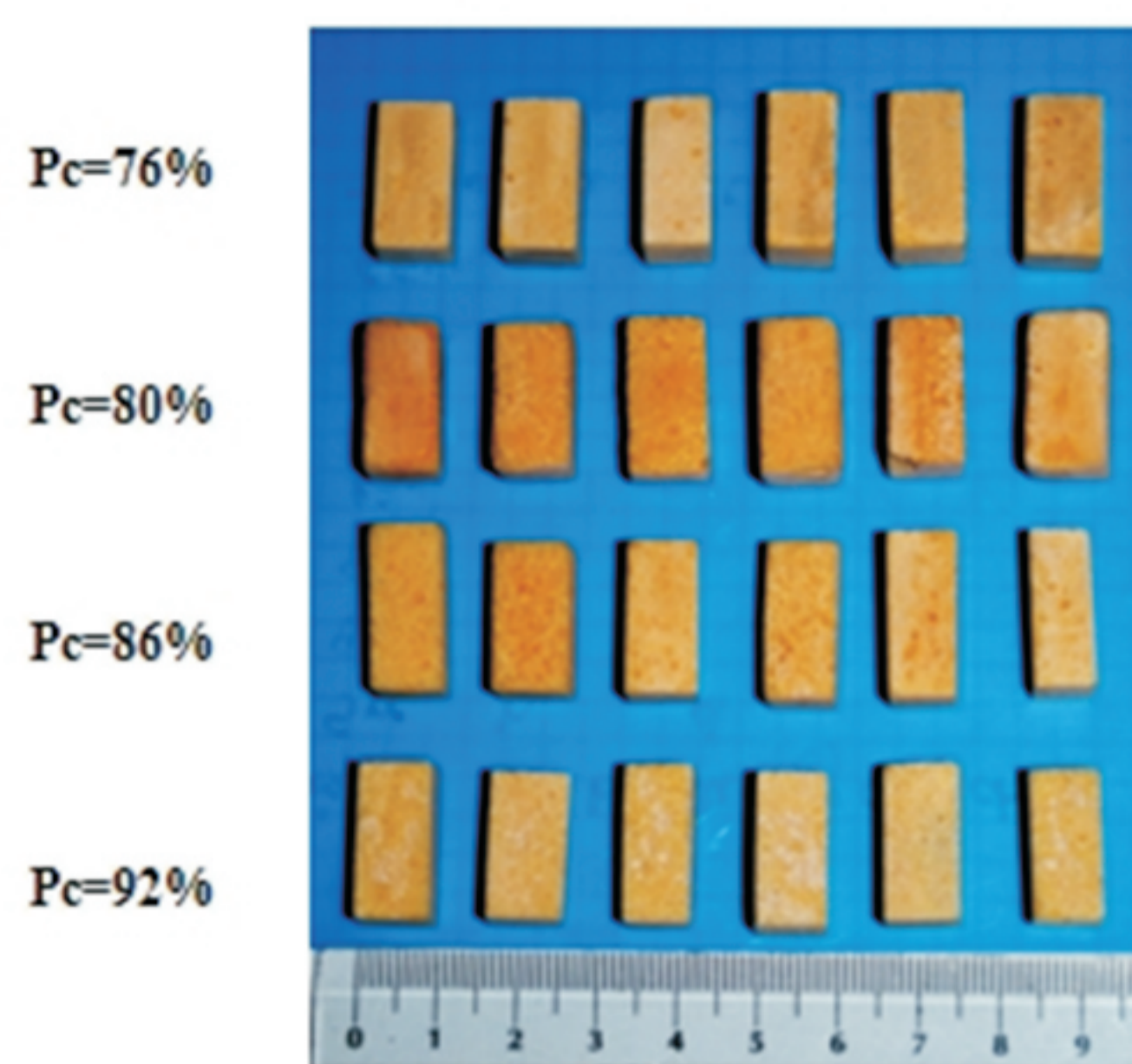
Badania wytrzymałości na ściskanie przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Instron (rys.2) stosując prędkość przesuwu głowicy 1,5 mm/min. Każda próbka została dokładnie zwiarytowana przy użyciu suwmiarki z dokładnością do 0,01 mm. Wartość końcową pola przekroju próbek dla danej partii próbek przyjęto jako wartość średnią z wartości pola przekroju, dla co najmniej trzech pomiarów próbek.



Rys. 2. Zależność naprężenie ściskające - odkształcenie dla pianek korundowych o różnej porowatości całkowitej: 76, 80, 86, 92%.

Wytworzenie kompozytów pianka korundowa/trójfunkcyjna żywica epoksydowa

W wyniku procesu infiltracji i utwardzania otrzymano kompozyty pianka korundowa/ żywica epoksydowa. Z uwagi na nieco większe wymiary form w matrycy silikonowej (25x15x15mm) w porównaniu z wymiarami pianek korundowych (celowość: możliwe uwalnianie ciepła podczas procesu utwardzania), niezbędna była dalsza obróbka kompozytów w celu usunięcia nadmiaru polimeru (rys.3). Nadmiar żywicy ze ścianek kompozytów usuwano mechanicznie przy użyciu ściernicy.



Rys. 3. Kompozyty pianka korundowa/żywica epoksydowa po obróbce mechanicznej.

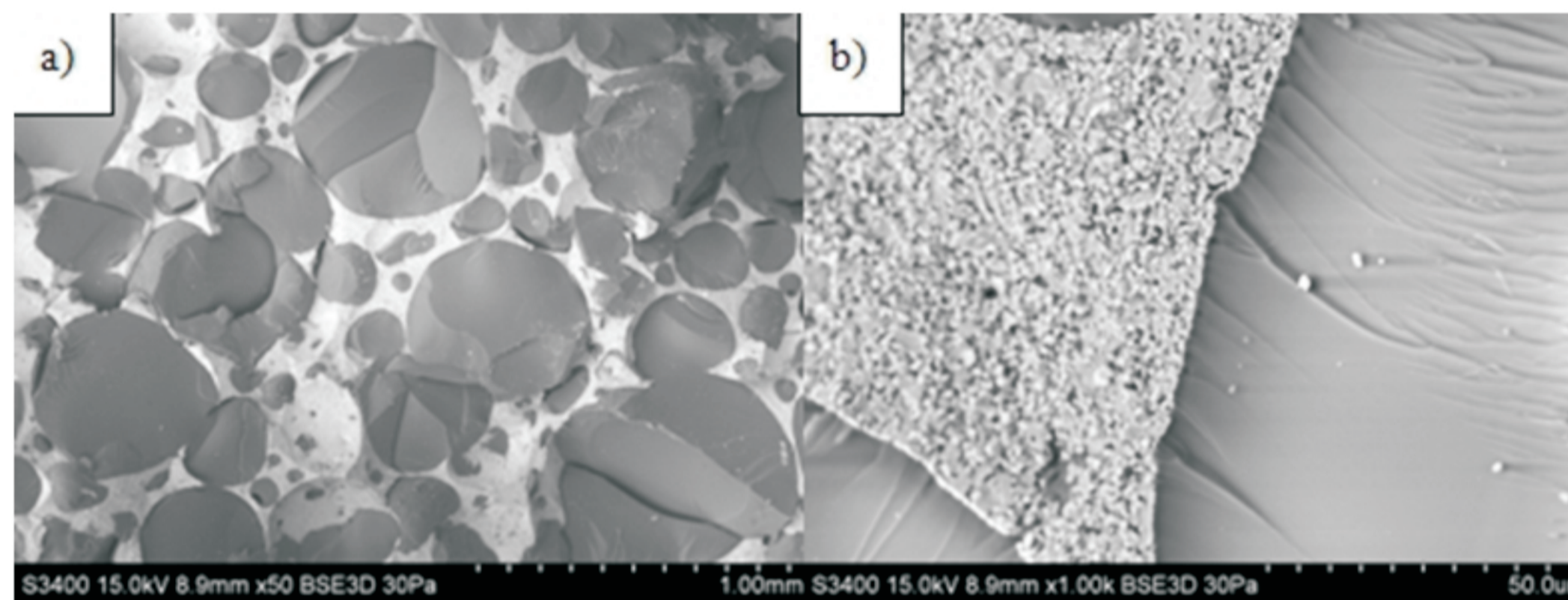
Dla wytworzonych kompozytów pianka Al₂O₃/żywica epoksydowa wyznaczono gęstość pozorną wykorzystując metodę ważenia hydrostatycznego, gęstość geometryczną odwołującą się do masy oraz objętości próbek oraz gęstość kompozytu wynikającą z reguły mieszania. Wyniki średnich gęstości obliczonych dla 5 próbek kompozytów z każdej serii przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Gęstości kompozytów pianka korundowa/żywica epoksydowa wyznaczone metodą geometryczną, ważenia hydrostatycznego oraz obliczone na podstawie reguły mieszania.

Osnowa kompozytu	Gęstość pozorną [g/cm ³]	Gęstość geometryczna [g/cm ³]	Gęstość obliczona z reguły mieszania [g/cm ³]
Al ₂ O ₃ 76%	1,90	1,86	1,86
Al ₂ O ₃ 80%	1,72	1,70	1,75
Al ₂ O ₃ 86%	1,62	1,57	1,56
Al ₂ O ₃ 92%	1,50	1,42	1,46

Obserwacje morfologiczne kompozytów pianka korundowa/trójfunkcyjna żywica epoksydowa

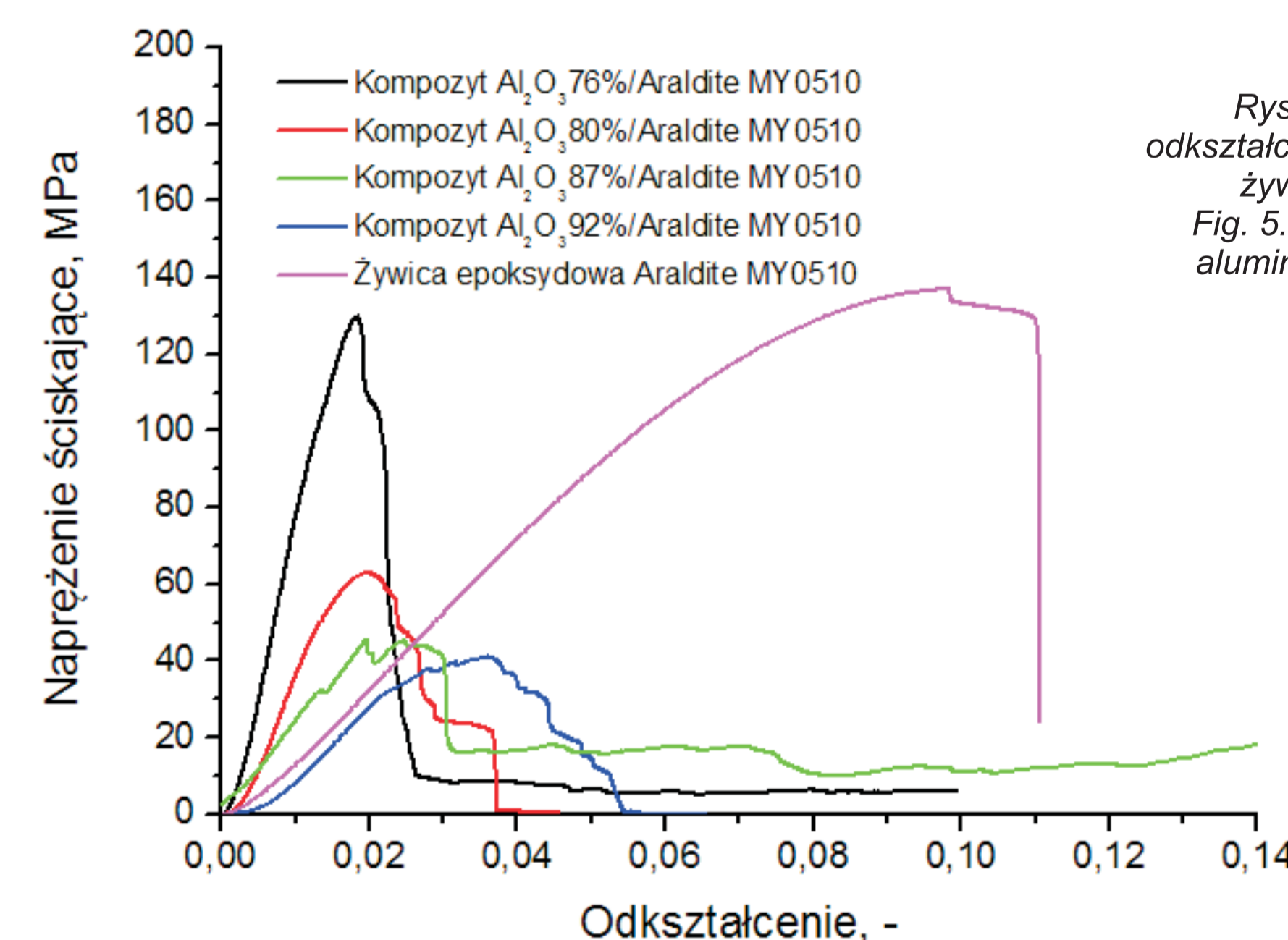
Wytworzone kompozyty poddano obserwacji morfologicznej na skaningowym mikroskopie elektronowym, co pozwoliło na dokładne poznanie mikrostruktury porów wewnątrz pianek korundowych po procesie infiltracji, a także stopień przylegania (adhezji) polimeru do porowatej osnowy ceramicznej. Na rysunkach (rys.4) przedstawiono obrazy SEM przelotowy otrzymanego kompozytu na osnowie pianki korundowej o porowatości całkowite 86% LV.



Rys. 4. Kompozyt Al₂O₃ 86%/żywica epoksydowa Araldite MY0510: a) przelot kompozytu, b) granica faz korund/polimer, SEM.

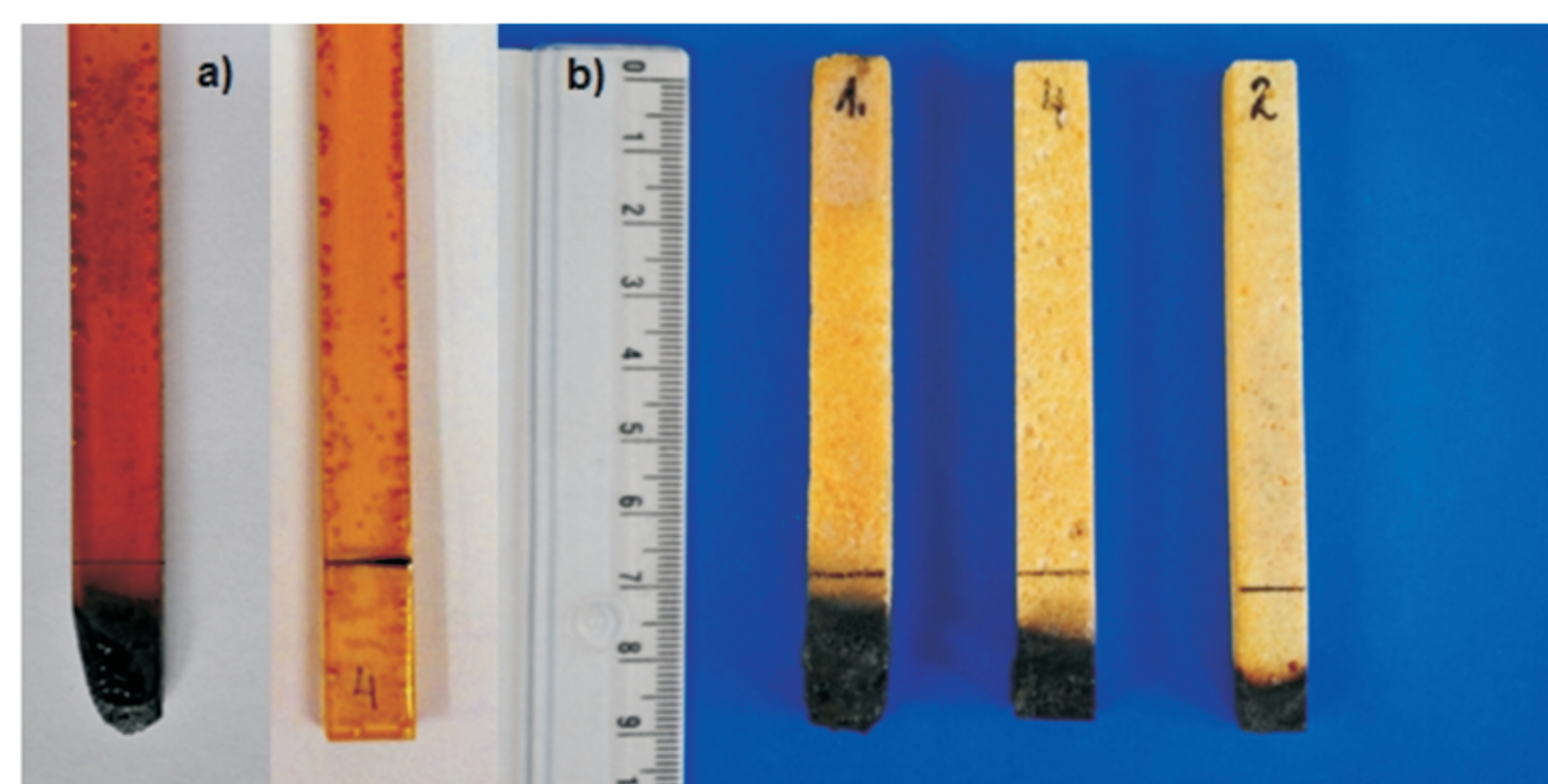
Właściwości mechaniczne i funkcjonalne kompozytów pianka korundowa/żywica epoksydowa

Kompozyty na osnowie pianek korundowych poddano badaniu wytrzymałości na ściskanie. Wyniki badań przedstawiono w formie wykresu zbiorczego, przedstawiającego zależności naprężenie ściskające - odkształcenie dla kompozytów oraz żywicy epoksydowej (rys. 5).



Rys. 5. Krzywe naprężenie ściskające-odkształcenie dla kompozytów pianka korundowa/ żywica epoksydowa Araldite MY0510.

Beleczki odlane z żywicy epoksydowej Araldite MY0510 oraz kompozyty korund/żywica epoksydowa wytworzone w procesie infiltracji próżniowej poddano badaniu palności płomieniem probierczym o mocy nominalnej 50W przy poziomym ustawieniu próbek z zaznaczoną linią 20mm. Miało to na celu ocenę szybkości rozprzestrzeniania się płomienia w zależności od stosowanej osnowy korundowej o różnej porowatości całkowitej (76%, 80%, 92%). Płomień palnika gazowego przykładano do końca próbki przez 30 sekund. Następnie palnik odsuwano i obserwowano zachowywanie się poszczególnych próbek (rys.6)



Rys. 6. Beleczki żywicy epoksydowej Araldite MY0510 po i przed próbą palności (a) oraz kompozyty pianka korundowa/żywica epoksydowa o różnej porowatości całkowitej ceramicznej osnowy: 92, 86, 76% po próbie palności (b).

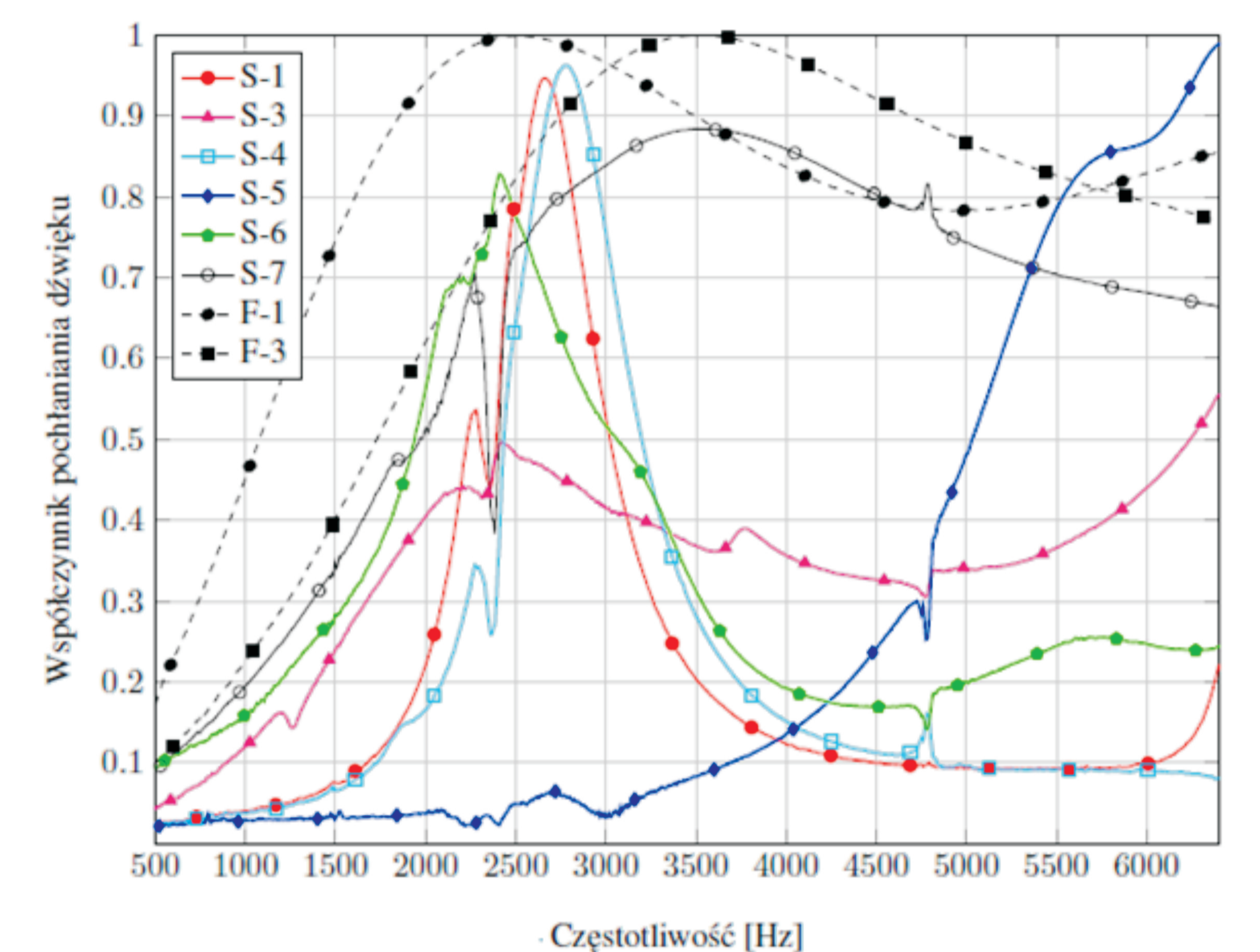
- Żywica Araldite MY0510: 10 sekund po usunięciu palnika próbka ulega samogaśnięciu, czoło płomienia nie osiąga znaku 20 mm.
- Kompozyt Al₂O₃ 92%/Żywica epoksydowa Araldite MY0510: 35 sekund po usunięciu palnika próbka ulega samogaśnięciu, czoło płomienia nie osiąga znaku 20 mm, obserwuje się porównywalny stopień spalania kompozytu i próbki odlanej z żywicy.
- Kompozyt Al₂O₃ 80%/Żywica epoksydowa Araldite MY0510: 25 sekund po usunięciu palnika próbka ulega samogaśnięciu, czoło płomienia nie osiąga znaku 20 mm, obserwuje się mniejszy stopień spalania kompozytu w porównaniu z próbka żywicy.
- Kompozyt Al₂O₃ 76%/Żywica epoksydowa Araldite MY0510: 10 sekund po usunięciu palnika próbka ulega samogaśnięciu, czoło płomienia nie osiąga znaku 20 mm, obserwuje się dwukrotnie mniejszy stopień spalania kompozytu w porównaniu z próbka żywicy

W celu zbadania zdolności pochłaniania dźwięku przez pianki korundowe oraz kompozyty pianka korundowa/żywica epoksydowa, wykonano 7 próbek pianek korundowych o porowatości całkowitej 88%, z których 6 zapełniono w różnym stopniu żywicą epoksydową Araldite MY0510 w procesie infiltracji próżniowej, natomiast jedną próbkę pozostawiono w stanie pierwotnym (tabela 2).

Tabela 2. Dane dotyczące próbek poddanych badaniom akustycznym.

Nr próbki	Grubość l, mm	Średnica D, mm	Stopień zapełnienia porów żywicą Sp, %	Masa m, g	Gęstość ρ, g/cm ³
S-1	11,8	28,8	95	11	1,44
S-3	10,6	27,6	87	8	1,26
S-4	8,0	28,4	95	7	1,38
S-5	10,2	28,1	93	10	1,58
S-6	15,2	28,5	65	10	1,03
S-7	15,8	28,6	0	4	0,39

Badanie właściwości akustycznych pianek korundowych oraz kompozytów pianka korundowa/żywica epoksydowa wykonano w IPPT PAN przez zespół dr T. Zielińskiego. Na (rys.7) przedstawiono krzywe współczynnik pochłaniania dźwięku- częstotliwość, ważne w zakresie od 500 do 6,4 kHz.



Rys. 7. Wykres zależności absorpcji dźwięku od częstotliwości dla kompozytów pianka korundowa/ żywica epoksydowa: S1, S3, S4, S5, S6 oraz pianek korundowych: S7, F1, F3, IPPT PAN, dr T. Zieliński.

Wnioski Conclusions

1. Pianki korundowe wykorzystano jako osnowy do infiltracji trójfunkcyjną żywicą epoksydową Araldite MY0510 o doskonałych parametrach fizycznych i mechanicznych. Miało to na celu uzyskanie kompozytów pianka korundowa/żywica epoksydowa o pożądanych właściwościach funkcjonalnych, tj. większej wytrzymałości na ściskanie oraz mniejszej palności.
2. W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano kompozyty o małej gęstości, przy jednocześnie dobrych właściwościach mechanicznych, mniejszej palności oraz zdolności pochłaniania dźwięku w określonych zakresach częstotliwości.

1. Alumina foams were used as matrices for composites manufacture by infiltration trifunctional epoxy resin Araldite MY0510 with excellent physical and mechanical properties. It was to obtain alumina foam/epoxy resin composites with desired functional properties, such as greater compression strength and lower flammability.
2. As a result of the studies, we received low density composites with good mechanical properties, reduced flammability and sound absorption in specific frequency ranges.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

- pianki Al₂O₃ jako pochłaniacze dźwięku,
- kompozyty żywica epoksydowa/Al₂O₃ - osłony akustyczne i balistyczne

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. M. Potoczek, J. Ligoda, R. E. Śliwa: „Pianki ceramiczne wytworzone metodą „gelcasting” przeznaczone do infiltracji polimerami”, konferencja międzynarodowa „Polska Ceramika 2014”.
2. M. Potoczek, R. E. Śliwa: „Elastic modulus of ceramic foams designed for metal-ceramic interpenetrating composites”, 9-th International Conference “Supply on the Wings”, November 28-30, 2014, Frankfurt, Germany.
3. J. Ligoda, R. E. Śliwa, M. Potoczek: „Thermal and mechanical properties of ceramic-polymer composites with an interpenetrating network structure”, 9-th International Conference “Supply on the Wings”, November 28-30, 2014, Frankfurt, Germany
4. J. Ligoda, R. E. Śliwa, M. Potoczek: „Thermal and acoustic properties of ceramic foam/epoxy composites manufactured by the infiltration process”, The twenty-second Annual International Conference on COMPOSITES NANO ENGINEERING (ICCE- 22), July 13-19, 2014, Malta.

Publikacje

1. M. Potoczek, J. Ligoda, R. E. Śliwa: „Pianki ceramiczne wytworzone metodą „gelcasting” przeznaczone do infiltracji polimerami”, Materiały Ceramiczne/Ceramic Materials (wysłany do druku)