

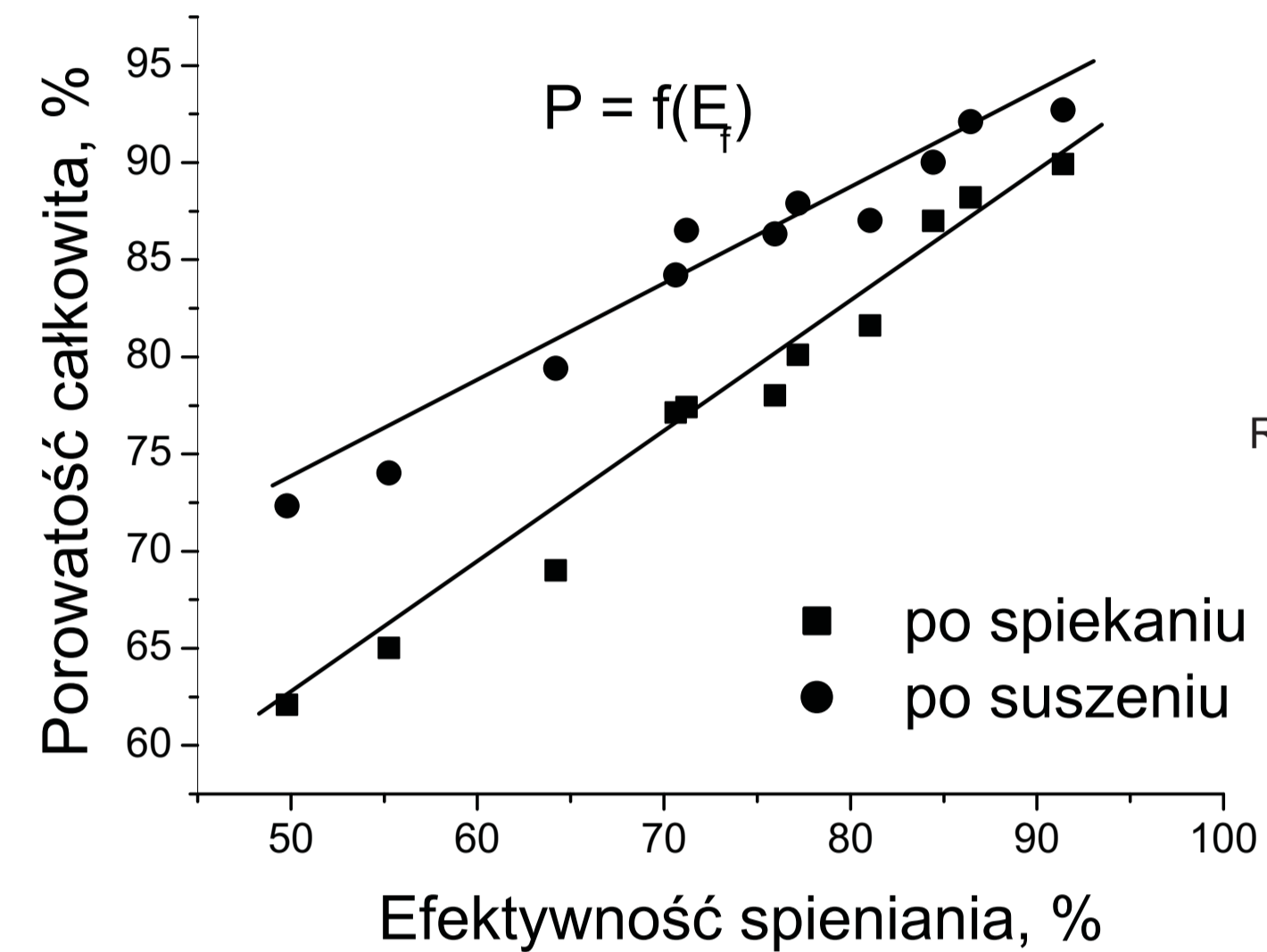
Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały typu Glare)

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Śląska, Instytut Lotnictwa w Warszawie

Wyniki badań

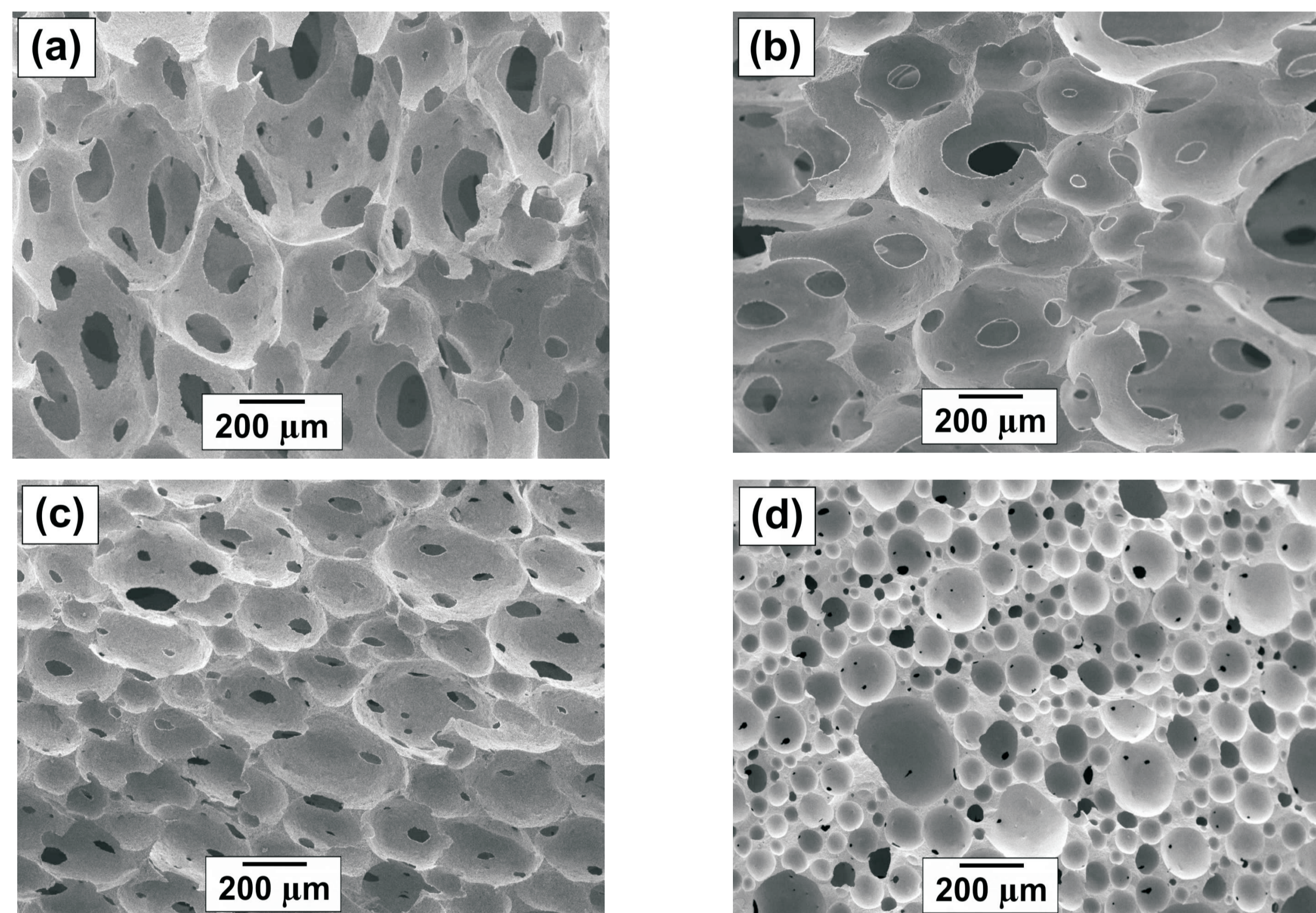
Opracowanie technologii wytwarzania korundowych kształtek o budowie piany jako preformów do infiltracji metalem

Jednym ze sposobów poprawy właściwości użytkowych metali w przemyśle lotniczym jest zastępowanie tych tworzyw kompozytami metalowo-ceramicznymi. Już od wielu lat produkowane są kompozyty zbrojone fazą ceramiczną w postaci cząstek lub włókien. Jednak, w tego typu kompozytach faza ceramiczna nie jest fazą ciągłą. Niniejsze sprawozdanie poświęcone jest wytwarzaniu kompozytów metalowo-ceramicznych (Al/Al_2O_3) o strukturze infiltrowanej charakteryzującej się wzajemnym przenikaniem szkieletów obydwu faz. Preformy ceramiczne (Al_2O_3) do infiltracji roztopionymi metalami wytworzono nową metodą otrzymywania wysokoporowatej ceramiki, którą jest żelowanie spienionej zawiesiny (ang. *gelcasting of foams*). W metodzie tej osiągnięcie specyficznej mikrostruktury porowatych spieków tj. możliwości regulacji porowatości, rozkładu wielkości porów oraz systemu ich wzajemnych połączeń odbywa się przez staranną kontrolę parametrów procesów spieniania i żelowania. Porowatość regulowana jest objętością wytworzonej piany. Natomiast za wielkość komórek piany i okienek na ściankach komórek odpowiedzialne są procesy destabilizacji piany zachodzące w przedziale czasowym od jej wytworzenia do chwili jej utwardzenia przez żelowanie. Na rys. 1 pokazano sposób regulacji porowatości poprzez sterowanie objętością wytworzonej piany.



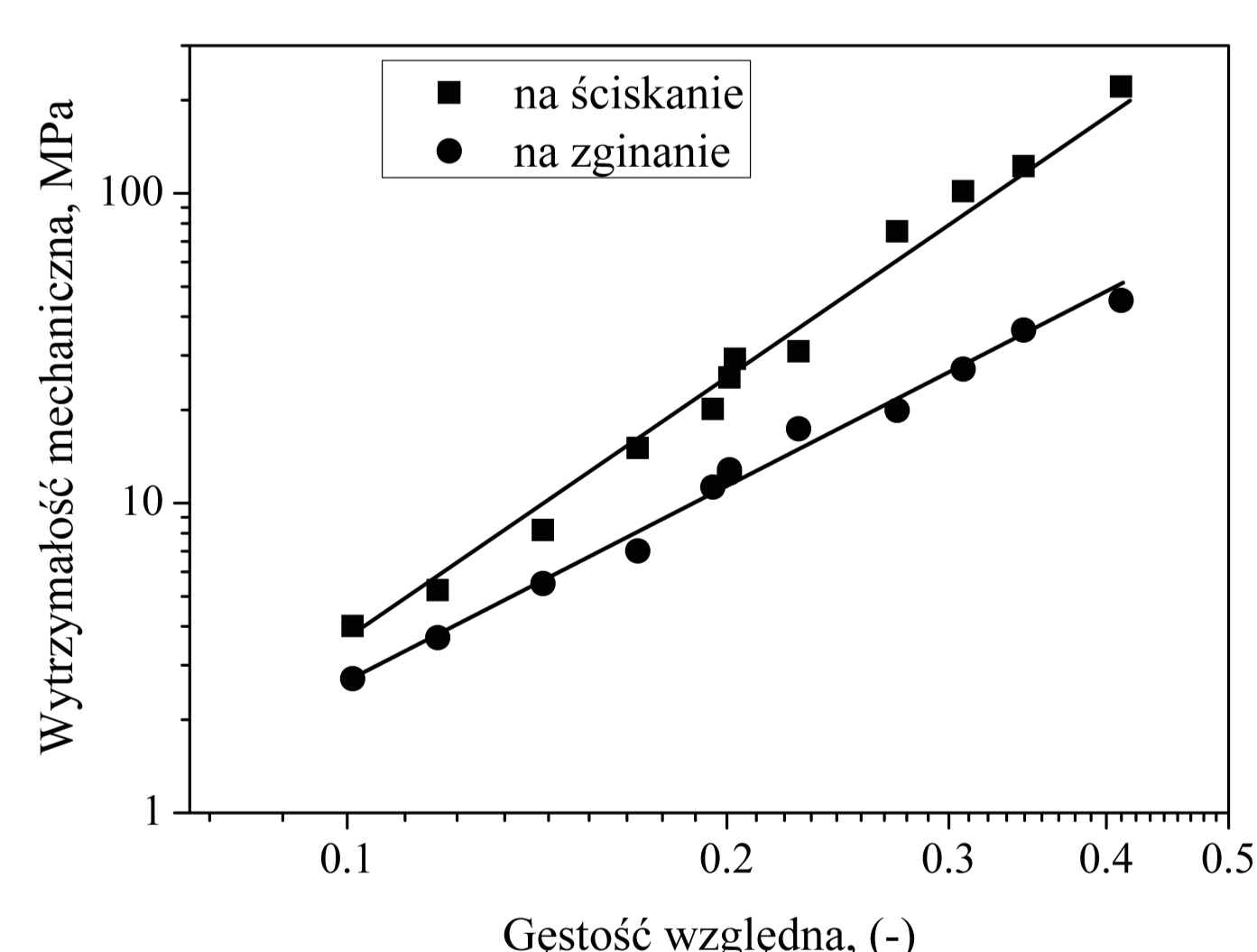
Rys. 1. Zależność porowatości całkowitej po procesie suszenia i po procesie spiekania od efektywności spieniania.

Na rys. 2. pokazano obrazy SEM przełomów pianek korundowych o różnym stopniu porowatości. Porowate kształtki charakteryzują się występowaniem sferycznych makroporów, zwanych także komórkami piany, połączonych okienkami na wspólnych ściankach komórek piany, co sprawia, że porowatość próbki jest otwarta. Średnice okienek na ściankach komórek piany (połączeń między sferycznymi makroporami) ulegają zmniejszeniu wraz ze spadkiem porowatości.



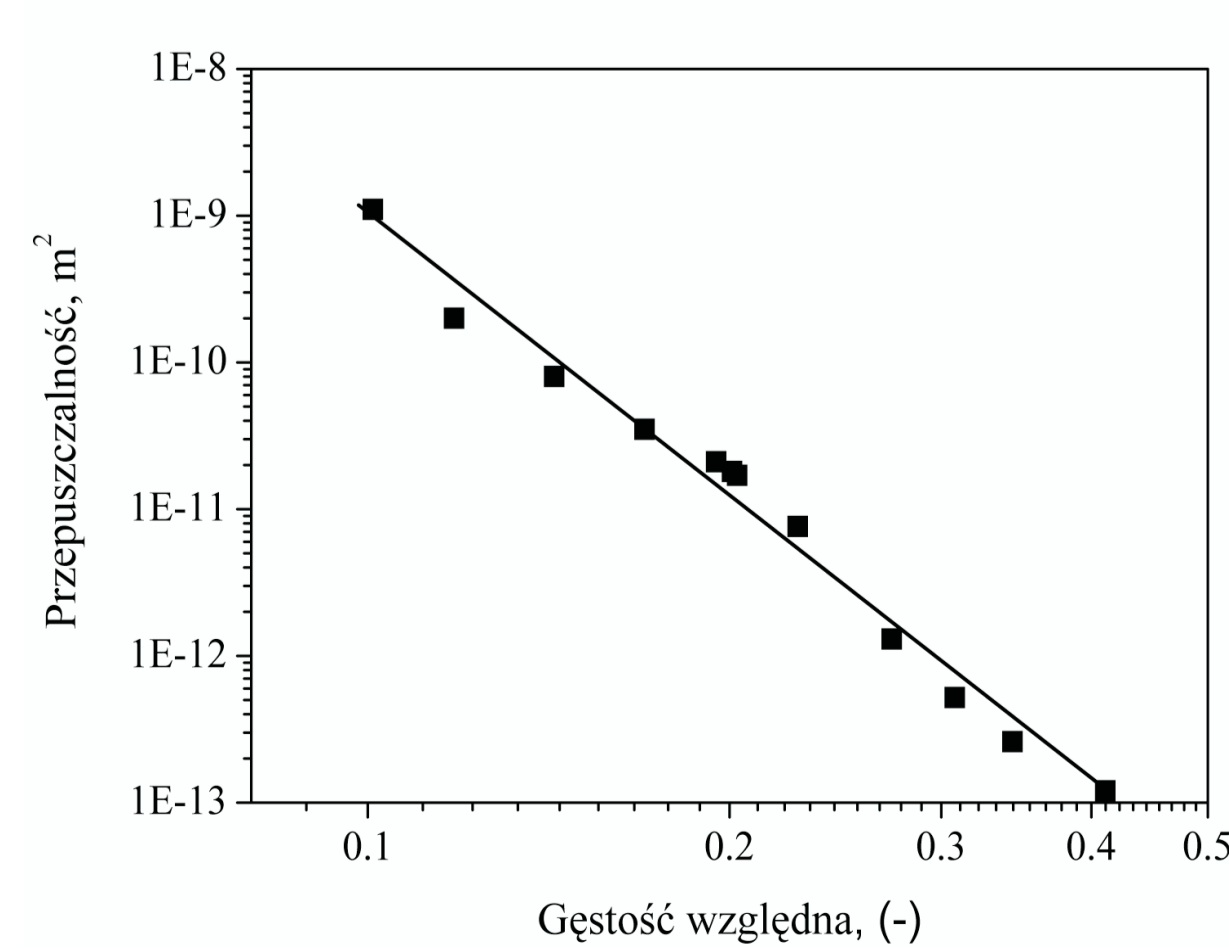
Rys. 2. Obrazy SEM pianek korundowych o różnym stopniu porowatości całkowitej: (a) 91%, (b) 88%, (c) 76%, (d) 62%

Preformy ceramiczne o budowie piany o porowatości w zakresie 60-90% charakteryzowano pod względem wytrzymałości mechanicznej i przepuszczalności fazy ciekłej. Wytrzymałość mechaniczna i przepuszczalność fazy ciekłej określają przydatność ceramiki porowatej do procesu infiltracji ciśnieniowej roztopionymi metalami. Na rys. 3 pokazano zależność wytrzymałości mechanicznej na ścisnięcie i na zginanie preformów korundowych od gęstości względnej.



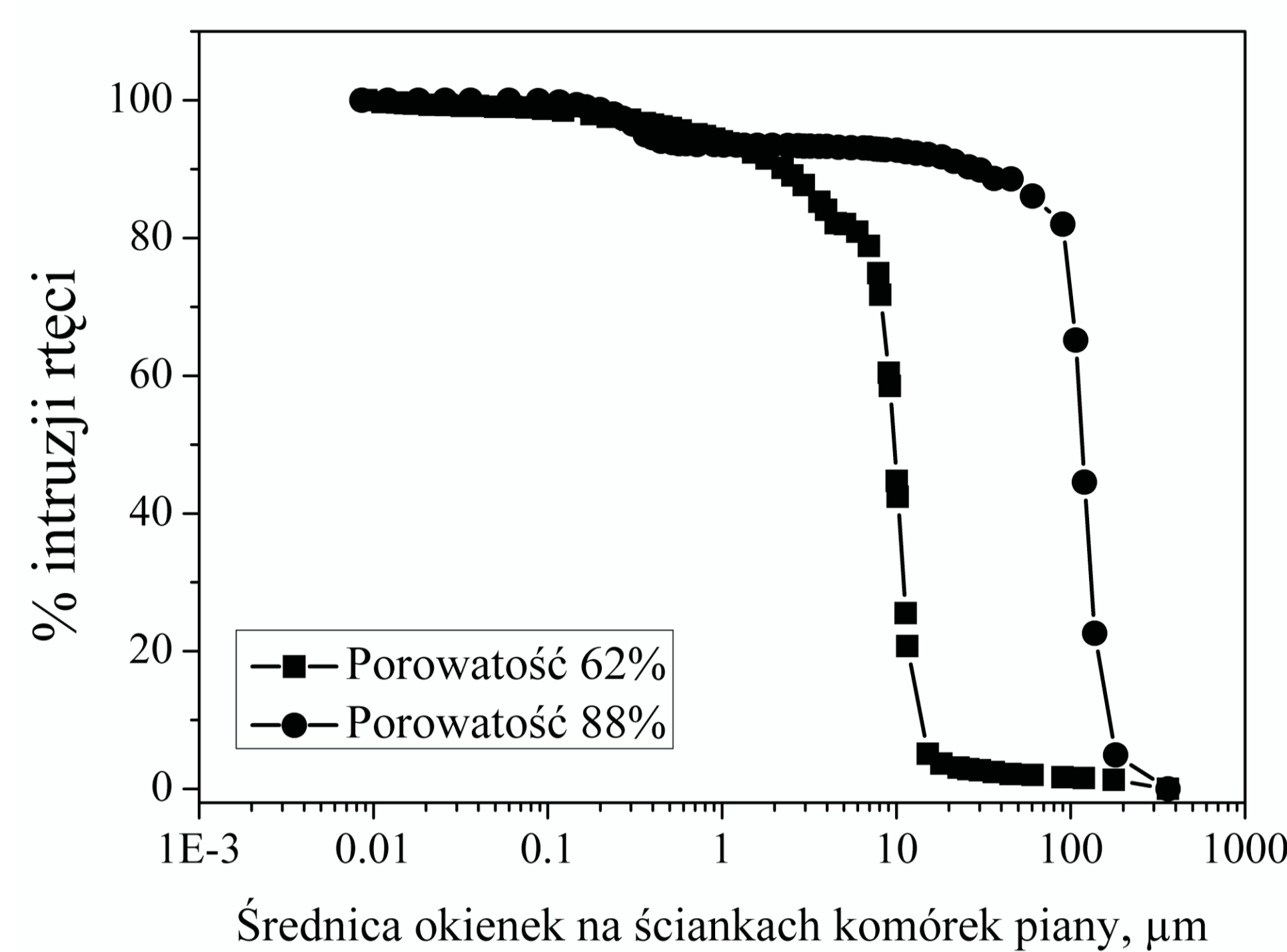
Rys. 3. Zależność wytrzymałości na ścisnięcie i na zginanie pianek korundowych od ich gęstości względnej

Preformy ceramiczne do infiltracji metalami oprócz odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej muszą wykazywać dużą wartość przepuszczalności fazy ciekłej. Na rys. 4 pokazano zależność przepuszczalności wodnej pianek korundowych funkcji ich gęstości względnej. Znajomość wartości przepuszczalności preformów ceramicznych pozwala na oszacowanie oporów przepływu w procesie infiltracji roztopionymi metalami.



Rys. 4. Zależność przepuszczalności wodnej pianek korundowych od ich gęstości względnej

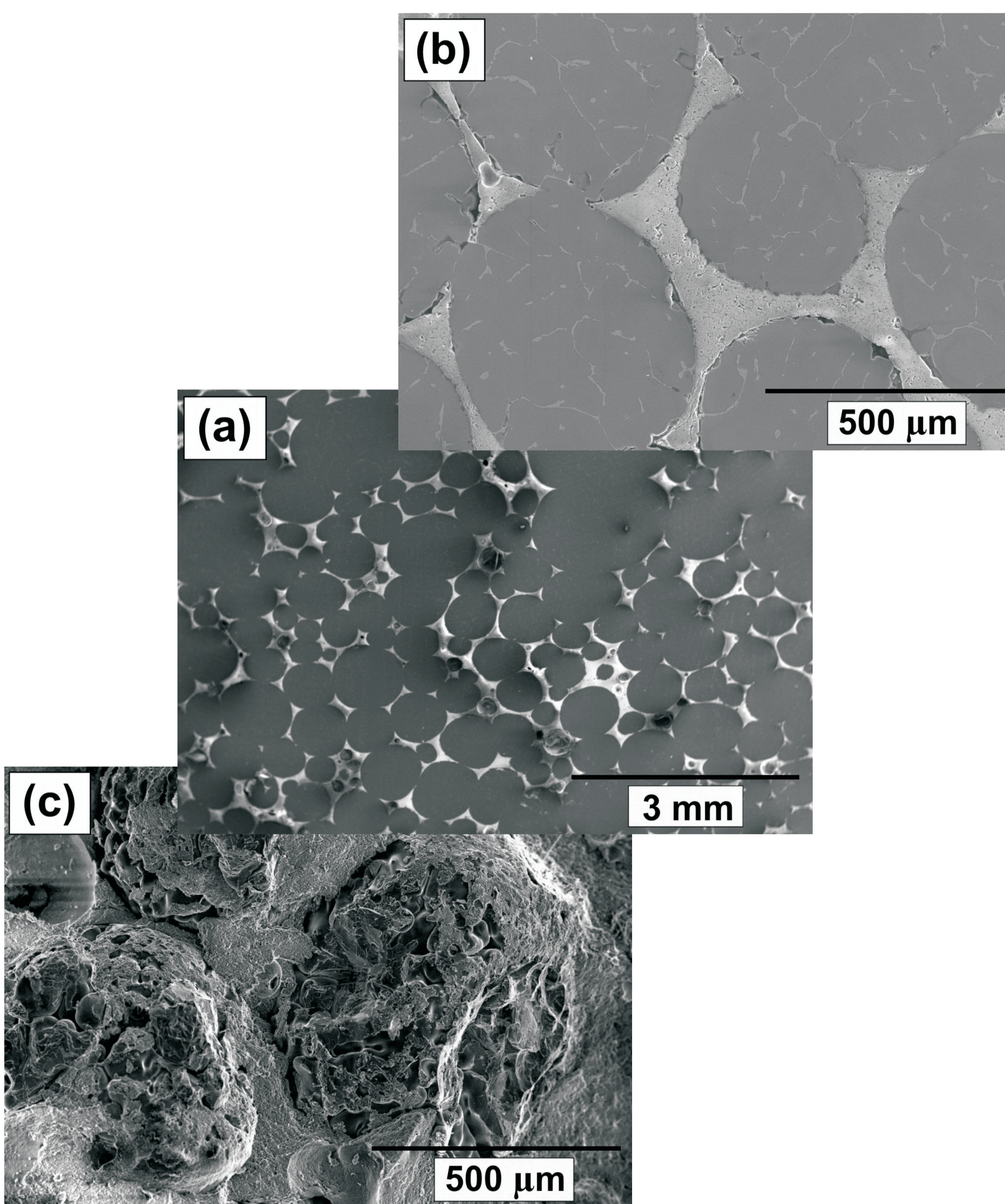
Średnice okienek na ściankach komórek piany (połączeń między sferycznymi makroporami) ulegają zmniejszeniu wraz ze spadkiem porowatości. Ilustruje to rys. 5, na którym pokazano krzywe sumaryczne uzyskane metodą porozymetrii rtęciowej obrazujące rozkład wielkości średnic okienek na ściankach komórek piany. Wraz ze spadkiem porowatości całkowitej maleje średnica medialna (D_{50}) połączeń między komórkami piany. Dla próbek o udziale objętościowym porów 88 i 62% średnice okienek na ściankach komórek piany wynoszą odpowiednio 114 i 9 μm .



Rys. 5. Rozkład wielkości średnic okienek na ściankach pianek korundowych o porowatości całkowitej 88 i 62%.

Kompozyty $AlCu5-Al_2O_3$ wytworzono metodą infiltracji ciśnieniowej w prasie hydraulicznej Degusa. Stop $AlCu5$ o czystości technicznej stopiono w temperaturze $730^\circ C$, a następnie wtloczono do preformy Al_2O_3 o porowatości 88% umieszczonej w kokili grafitowej. Maksymalne ciśnienie w procesie infiltracji nie przekraczało 3 MPa. Obserwacje mikrostruktury kompozytów $AlCu5-Al_2O_3$ przeprowadzono metodą SEM na podstawie zdjęć zglądów i przełomów.

Na rys. 6 pokazano obrazy SEM szlif (rys. 6a i 6b) oraz przełomu (rys. 6c) kompozytu $AlCu5/Al_2O_3$ otrzymanego w procesie infiltracji ciśnieniowej stopu $AlCu5$ do preformy korundowych o budowie piany o gęstości względnej 0,12. Obszar jasny na rys. 6 oznacza fazę ceramiczną, a obszar ciemny fazę metaliczną. Sferyczne makropory preformy korundowej zostały całkowicie wypełnione metalem. Na rys. 6c widać dobre przyleganie na granicy faz ceramika/metal oraz wzajemne przenikanie obydwu faz. Nie zaobserwowano spekań szkieletu ceramicznego. Powyższe obserwacje świadczą o prawidłowym doborze preformów ceramicznych i prawidłowo przeprowadzonym procesie infiltracji.



Rys. 6. Obrazy SEM kompozytu $AlCu5/Al_2O_3$ o strukturze infiltrowanej: (a) i (b) – wypełnienie sferycznych komórek ceramicznych metalem (powiększenia 15 i 100x), (c) – przełom kompozytu

Wnioski

Przedstawione wyniki badań wykazały, że metodą żelowania spienionej zawiesiny (ang. *gelcasting of foams*) można otrzymywać porowate tworzywa z tlenku glinu o dobrych parametrach mechanicznych, wysokim udziale objętościowym porów i wysokiej wartości przepuszczalności fazy ciekłej. Takie tworzywa można z powodzeniem stosować jako preformy do infiltracji ciśnieniowej roztopionymi metalami.

W procesie infiltracji ciśnieniowej stopu $AlCu5$ do preformy korundowej uzyskano kompozyt metalowo-ceramiczny o strukturze infiltrowanej charakteryzujący się pełnym wypełnieniem sferycznych makroporów preformy ceramicznej przez metal i dobrym przyleganiem na granicy faz ceramika/metal.

W następnym etapie badań kompozyty $AlCu5/Al_2O_3$ będą charakteryzowane pod względem właściwości mechanicznych i tribologicznych. Proces infiltracji rozszerzony będzie na stopy $AlMg$ oraz $Mg-Al$.

Możliwość zastosowania kompozytów o strukturze infiltrowanej metal lekkiej Al_2O_3 w lotnictwie:

- Kompozyty $AlCu5/Al_2O_3$ - styki elektryczne odporne na ścieranie,
- Kompozyty $Mg-Al/Al_2O_3$ - elementy tłumienia hałasu i drgań,
- Kompozyty $AlMg5/Al_2O_3$ - denka tłoków w silnikach tłokowych oraz tarcze hamulcowe w elementach podwozia,

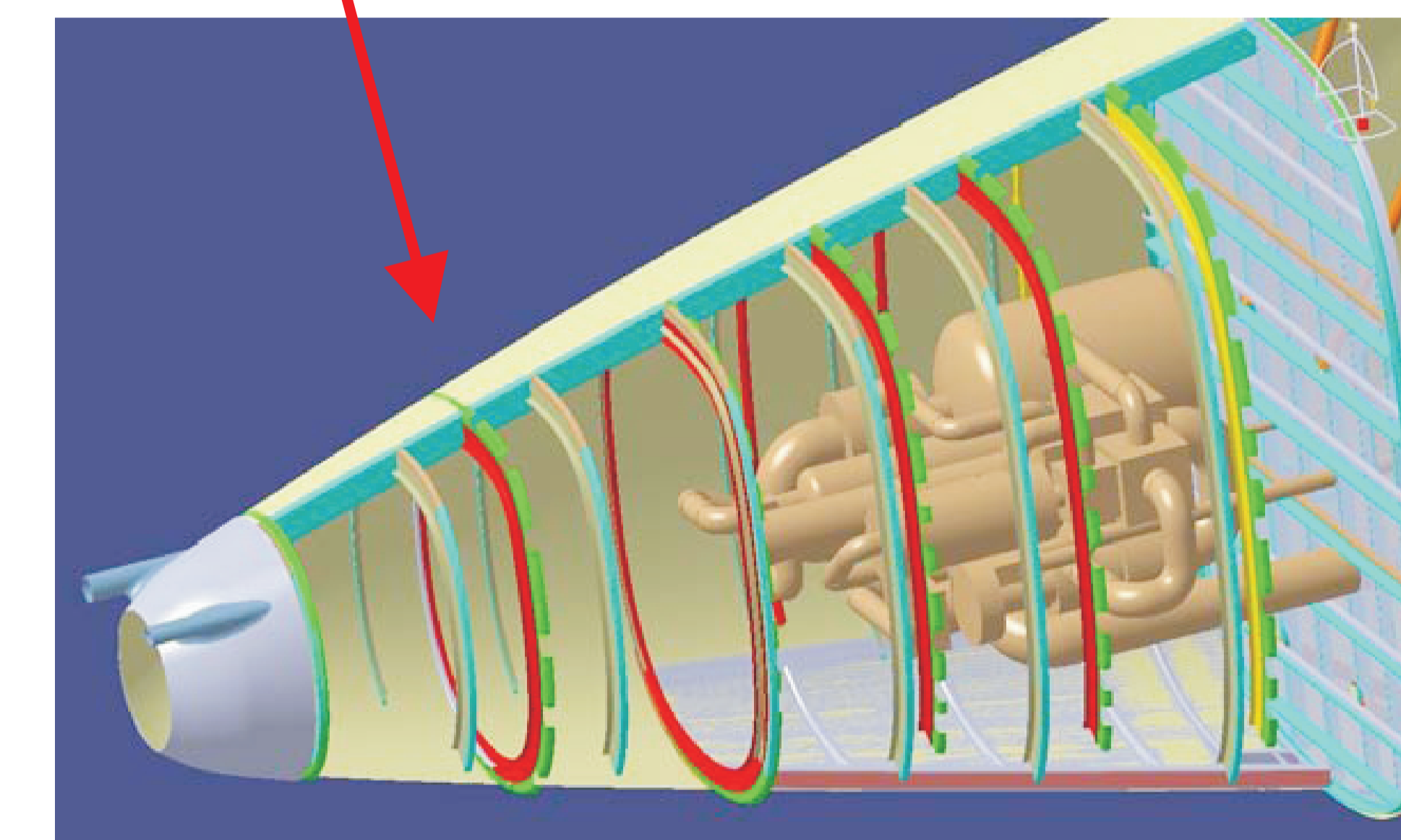
Zastosowanie ogniw paliwowych w lotnictwie

Ze względu na współczesną politykę ochrony środowiska duże znaczenie w lotnictwie ma zastosowanie ogniw paliwowych jako alternatywnego źródła energii, co też powoduje, że rozwój ich z biegiem lat będzie coraz bardziej intensywny. W szczególności dotyczy to ogniw typu SOFC i PEMFC stosowanych jako pomocnicze źródła zasilania (APU) w dużych samolotach pasażerskich i transportowych (rys. 1) jak i główne źródła zasilania w małych samolotach załogowych i w samolotach bezzałogowych. Ogniwami paliwowe znajdują również zastosowanie w obsłudze naziemnej lotnisk zarówno jako źródła zasilania pojazdów naziemnych (PEMFC) jak i zasilanie budynków wchodzących w skład infrastruktury lotniska (SOFC i MCFC).



Rys. 2. Schemat systemu pomocniczej jednostki zasilającej Hybrid SOFC APU w tylnej części samolotu pasażerskiego (NASA & Boeing)[1]

W ramach zadań realizowanych w ZB 9 przeprowadzono szereg badań zmierzających do wytworzenia stałotlenkowego ogniw paliwowych na podłożu anodowym AS-SOFC. Między innymi opracowano technologie otrzymywania porowatych podłoży anodowych, otrzymywania cienkich warstw elektrolitowych ($10 \mu m$) oraz zastosowano nowe rodzaje środków porotwórczych przy otrzymywaniu podłoży anodowych. Efektem dotychczasowych prac jest wytworzenie ogniw, którego cechują dobre parametry elektryczne - gęstość mocy = $250 mW/cm^2$ (rys. 2).



Rys. 2. Przegroda ogniw paliwowych na podłożu anodowym wykonane w IEn OC CEREL

Dalsze badania nad stałotlenkowymi ogniwami paliwowymi na podłożu anodowym będą się skupiały na poprawie właściwości elektrycznych przegród oraz zaadaptowaniu technologii ich wytwarzania do produkcji na skalę masową.

Przykłady współpracy

Instytut Energetyki Oddział Ceramiki "Cerel" Boguchwała

Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty

- Marek Potoczek, Romana Ewa Śliwa, *Metal-Ceramic Interpenetrating Composites Obtained by Metal Infiltration into Gelcast Alumina Foams*, 4-th International Conference "Supply on the Wings", November 3-5, 2009, Frankfurt, Germany.
- Marek Potoczek, Romana Ewa Śliwa, Jerzy Myalski, Józef Ślężona, *„Kompozyty metalowo-ceramiczne wytwarzane przez infiltrację ciśnieniową metalu do ceramicznej preformy o budowie piany”*. Materiały konferencji naukowej KM PAN Odszczalalność Metali i Stopów, Łańcut - Zamek, 2009

Publikacje

- mgr inż. Ryszard Kluczkowski, *„Technologie wytwarzania materiałów z przeznaczeniem na elementy stałotlenkowych ogniw paliwowych na suporcie anodowym AS-SOFC”* - Promotor: dr hab. inż. Romana E. Śliwa, prof. PRZ - Obrona lipiec 2009

Prace mgr. dr. hab.

- mgr inż. Ryszard Kluczkowski, *„Technologie wytwarzania materiałów z przeznaczeniem na elementy stałotlenkowych ogniw paliwowych na suporcie anodowym AS-SOFC”* - Promotor: dr hab. inż. Romana E. Śliwa, prof. PRZ - Obrona lipiec 2009