

# 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

##### Odlewy szkieletowe ze stopów miedzi i żelaza Skeleton Castings Made of Copper and Iron Alloys

Technologia wytwarzania odlewów szkieletowych opracowana dla stopów lekkich i kompozytów o osnowie metalowej może zostać wykorzystana również do wytwarzania odlewów ze stopów miedzi lub żelaza. Skład chemiczny takich stopów musi być jednak odpowiednio dobrany, zapewniając wysokie własności odlewnicze, jak i wymagane własności użytkowe. Możliwość stosowania dodatkowych zabiegów obróbki cieplnej zwiększy zakres możliwych zastosowań odlewów wykonanych w oparciu o prezentowaną technologię. Z tego powodu skład chemiczny stopów był projektowany z wykorzystaniem modelowania numerycznego.

The same technology which is applied for light alloys and metal matrix composites can be used for manufacturing of skeleton castings of copper or iron alloys. The chemical composition of such alloys needs to be carefully selected, taking into account the proper castability and needed operational properties. The possibility of additional heat treatment would expand the possible range of application. For this reason the numerical modelling was applied to design the chemical composition of alloys applied.

Badania były prowadzone dla dwóch grup stopów: odlewanych brązów aluminiowych oraz żeliwa sferoidalnego z mikrododatkiem. W obu przypadkach skład chemiczny stopów był projektowany z uwzględnieniem optymalnych własności odlewniczych oraz wysokich własności użytkowych w stanie lanym lub/i po obróbce cieplnej. Modelowanie numeryczne umożliwiło również dobór parametrów technologicznych procesu wytwarzania.

The studies was aimed on two groups of alloys: cast copper - aluminium alloys with high mechanical properties and nodular cast irons with micro additions. In both cases the chemical composition was selected to obtain optimal castability, and high operational properties in as-cast state and/or after heat treatment. Moreover, the modelling was also used for selection of technological parameters for studied alloys.

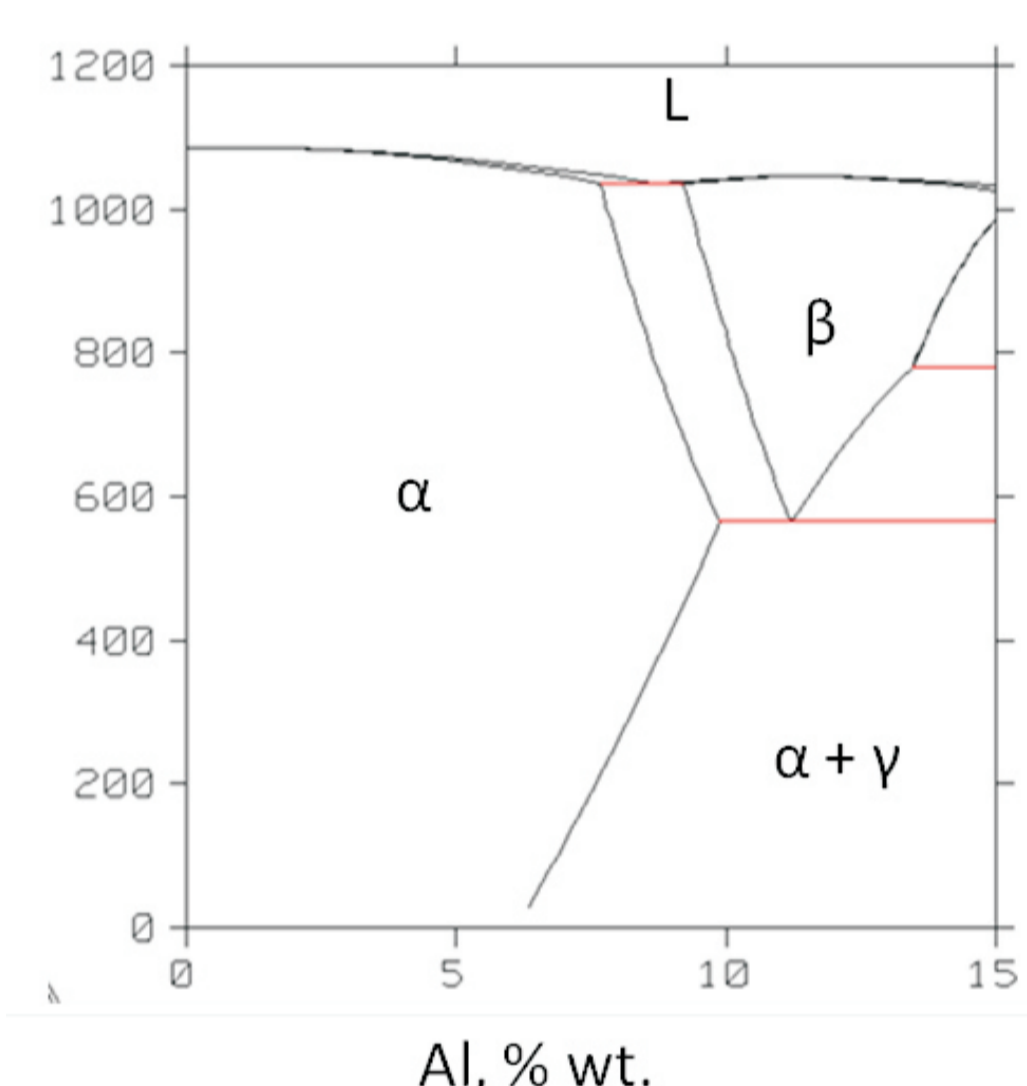


Fig. 1. Part of the Cu-Al equilibrium system  
Rys. 1. Część układu równowagi Cu-Al.

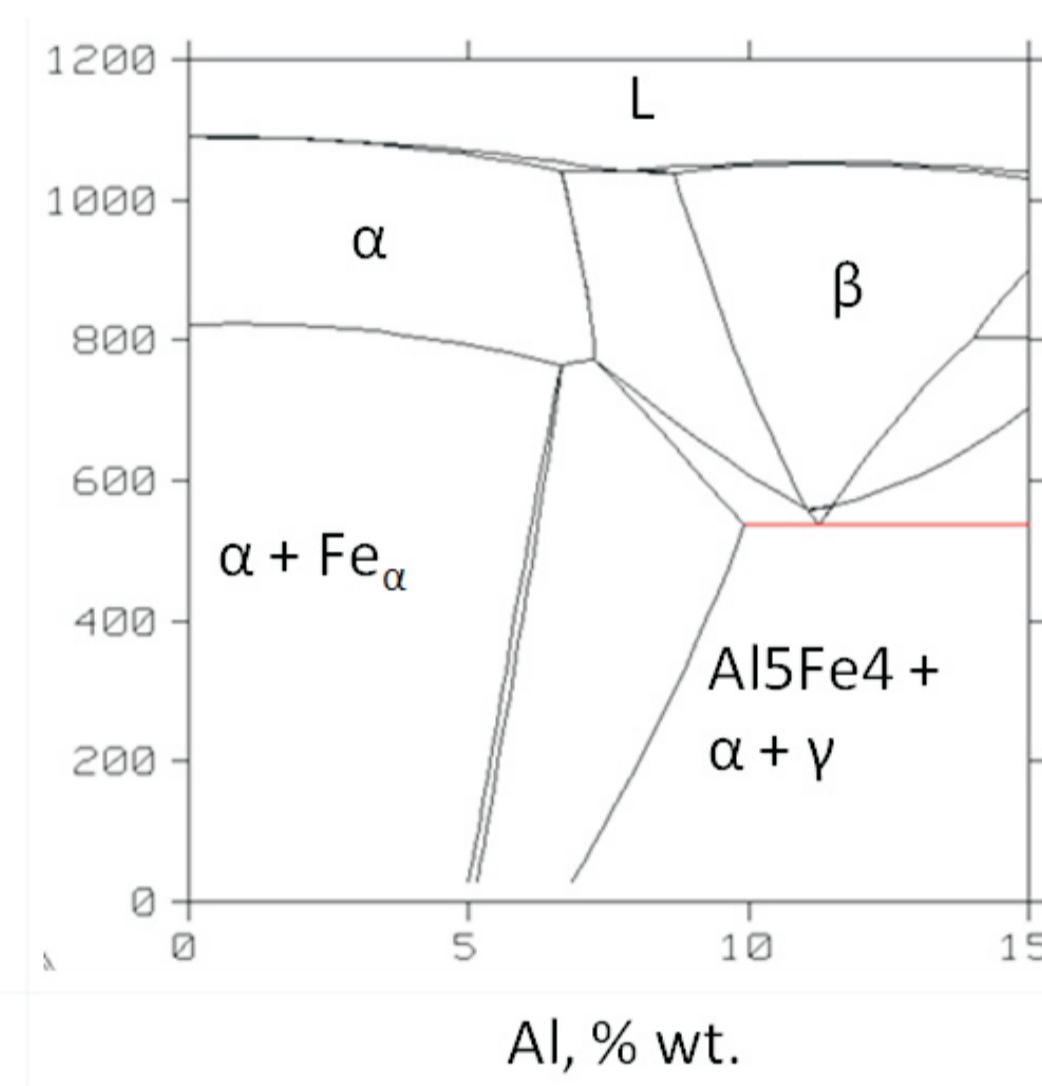


Fig. 2. Part of the Cu-Al-Fe equilibrium system  
Rys. 2. Część układu równowagi Cu-Al-Fe

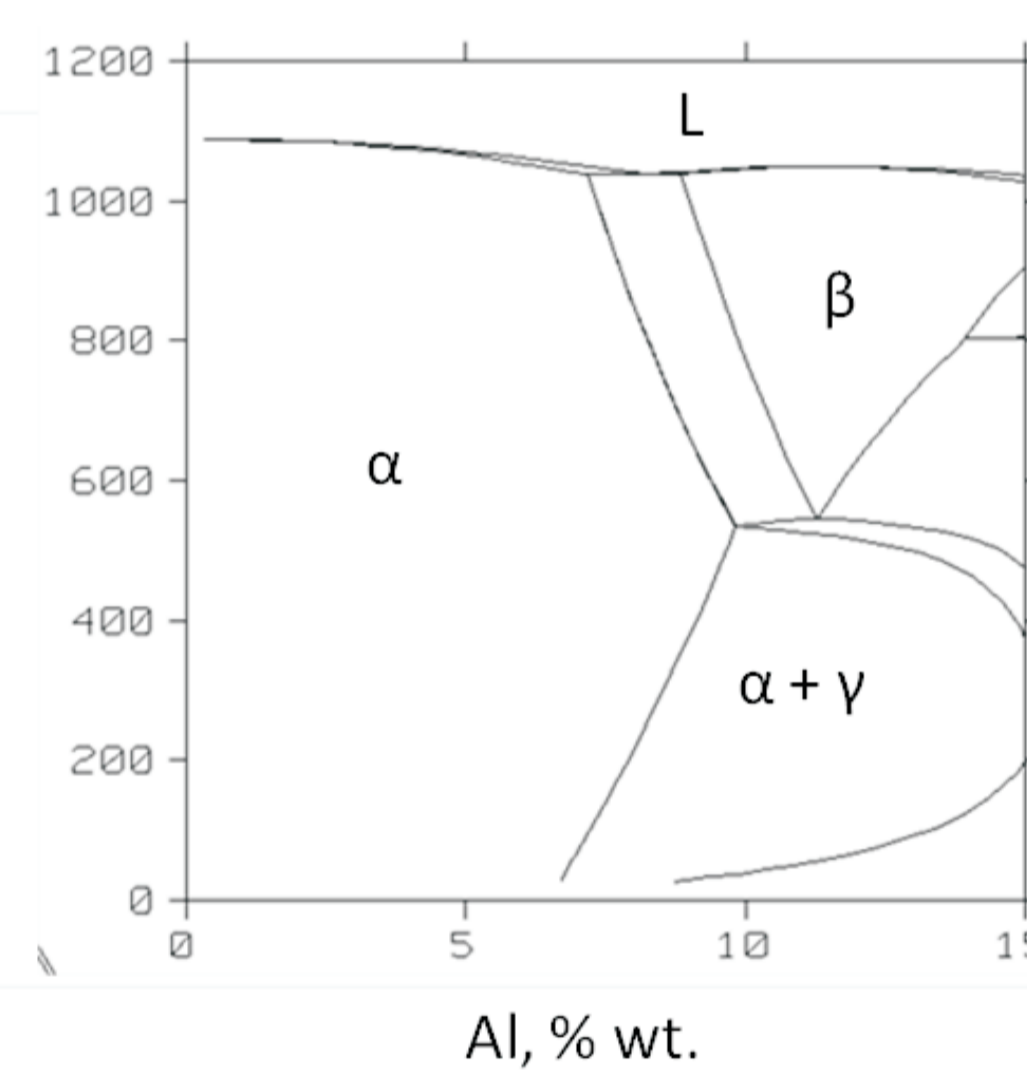


Fig. 3. Part of the Cu-Al-Mn equilibrium system  
Rys. 3. Część układu równowagi Cu-Al

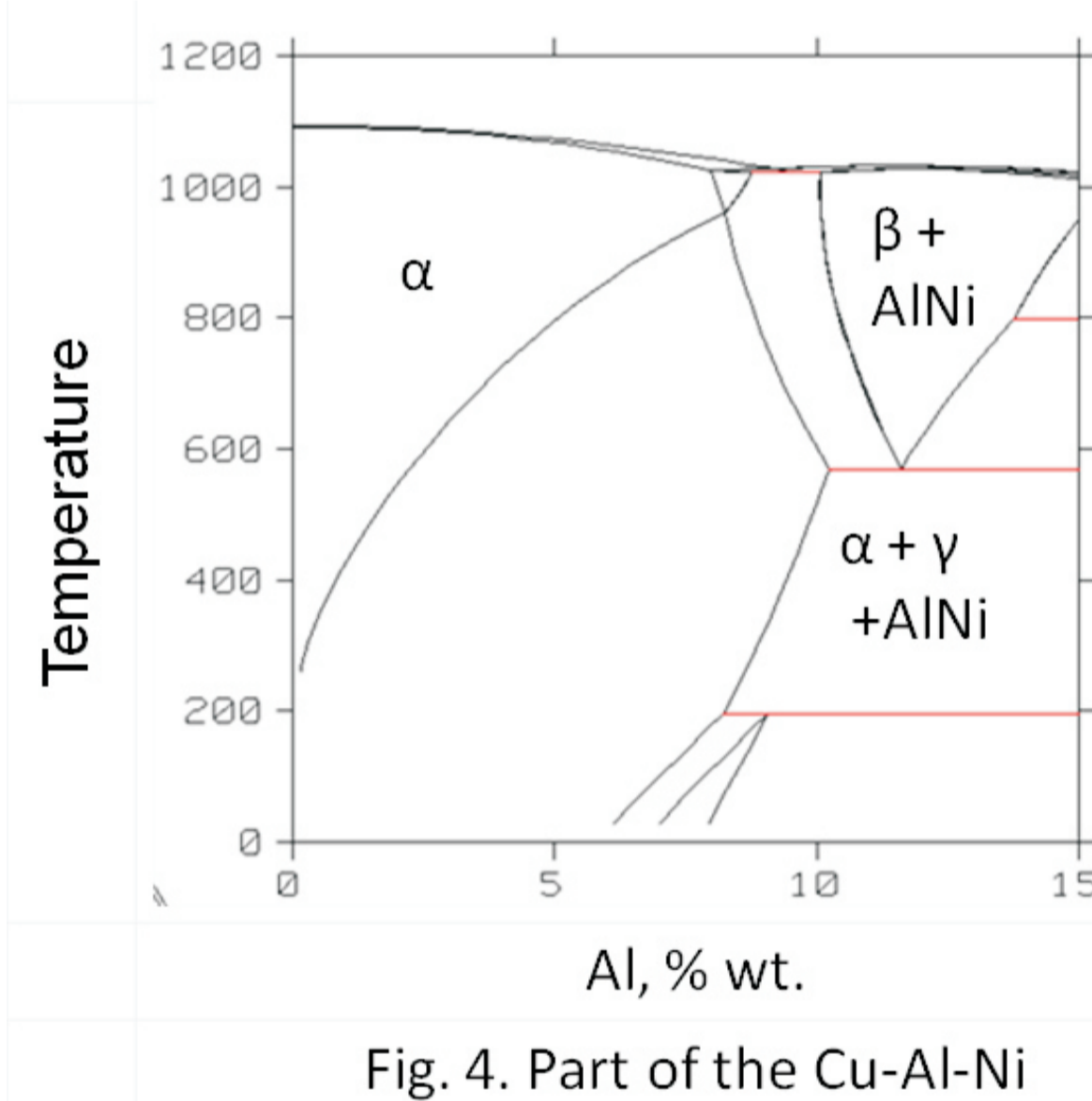


Fig. 4. Part of the Cu-Al-Ni equilibrium system  
Rys. 4. Część układu równowagi Cu-Al-Ni

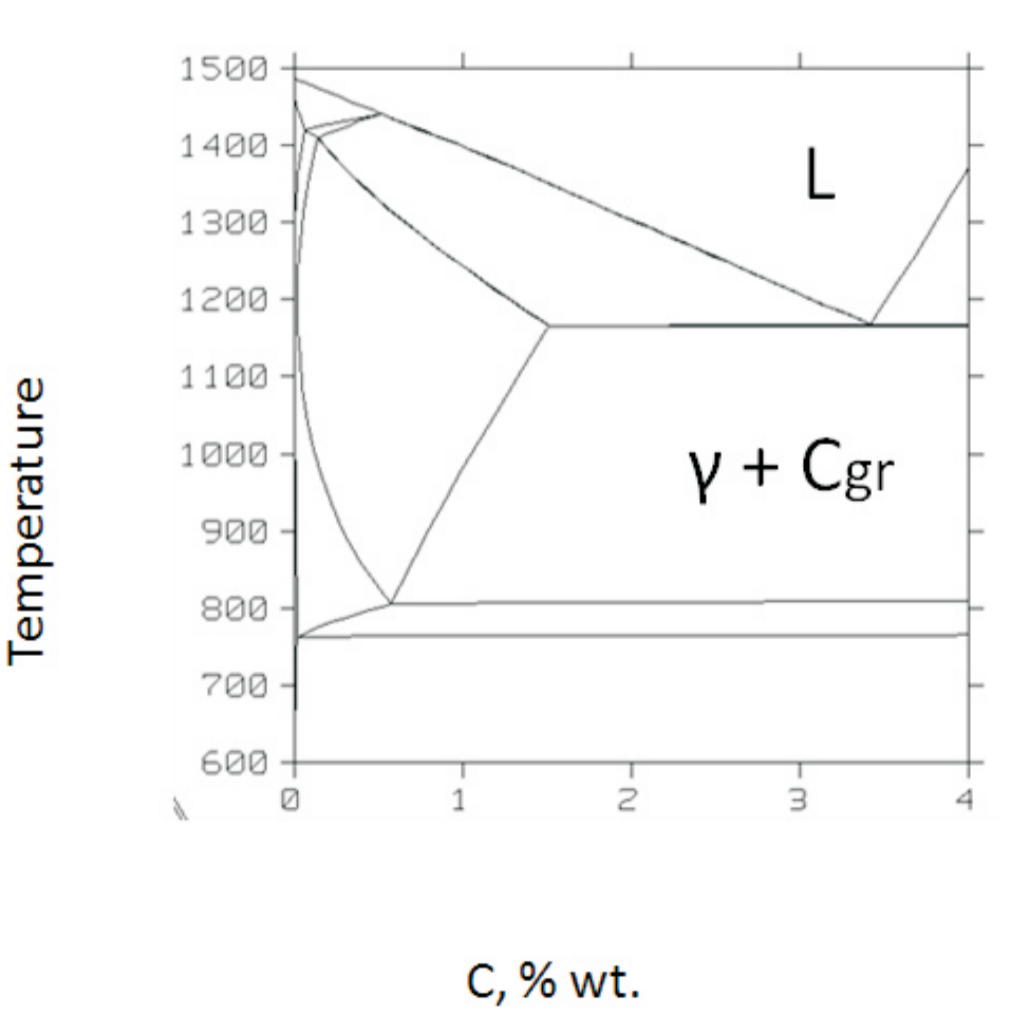


Fig. 7. Fe-C equilibrium system for alloy containing 0.5 Mn, 2.8 Si and 0.75% Cu  
Rys. 7. Układ równowagi Fe-C dla stopu zawierającego 0.5 Mn, 2.8 Si i 0.75% Cu

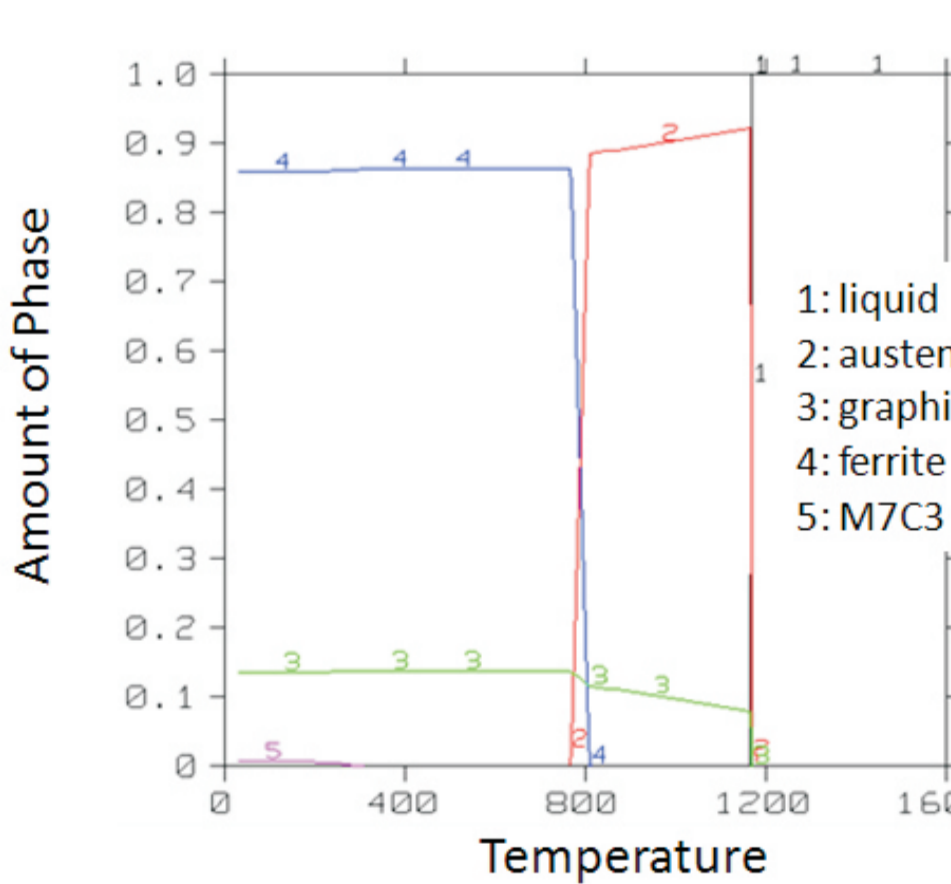


Fig. 8. Amount of phase in function of temperature for alloy in Fig. 7 (3.4% C)  
Rys. 8. Ilość fazy w funkcji temperatury dla stopu z rys. 7 (3.4% C)

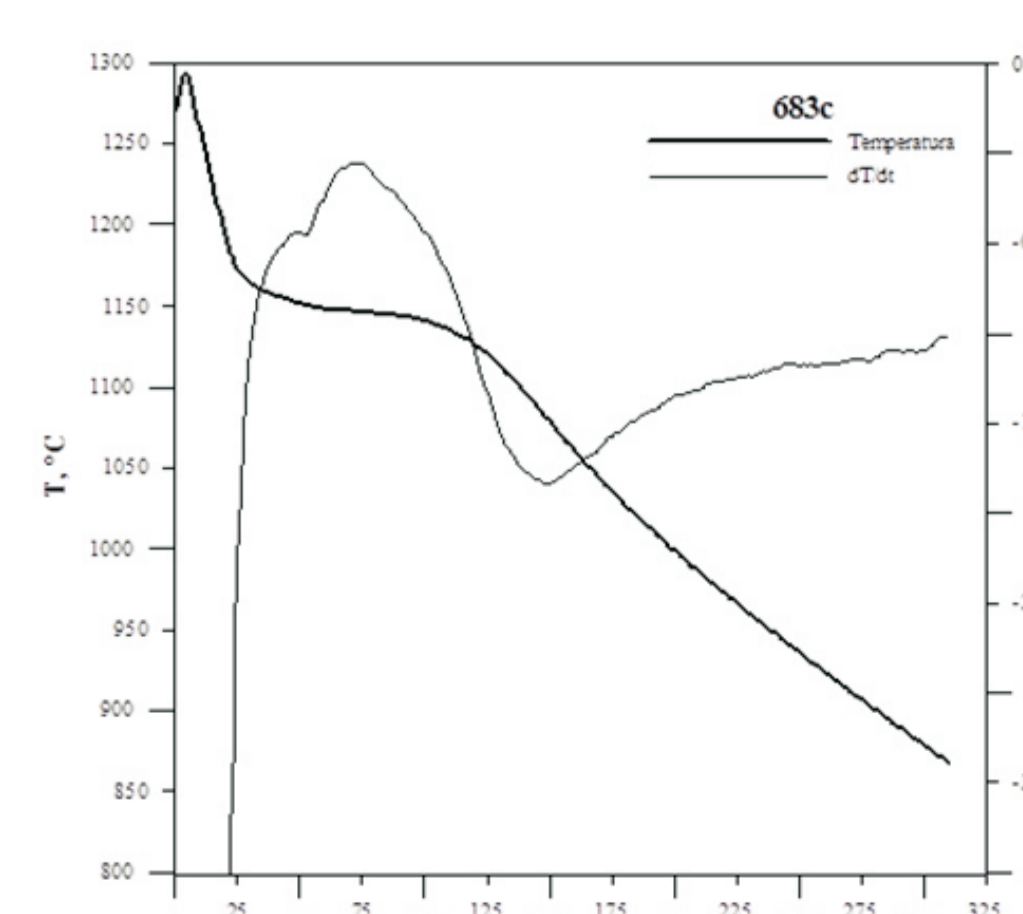


Fig. 9. Krzywe ATD dla żeliwa szarego o składzie chemicznym z rys. 7

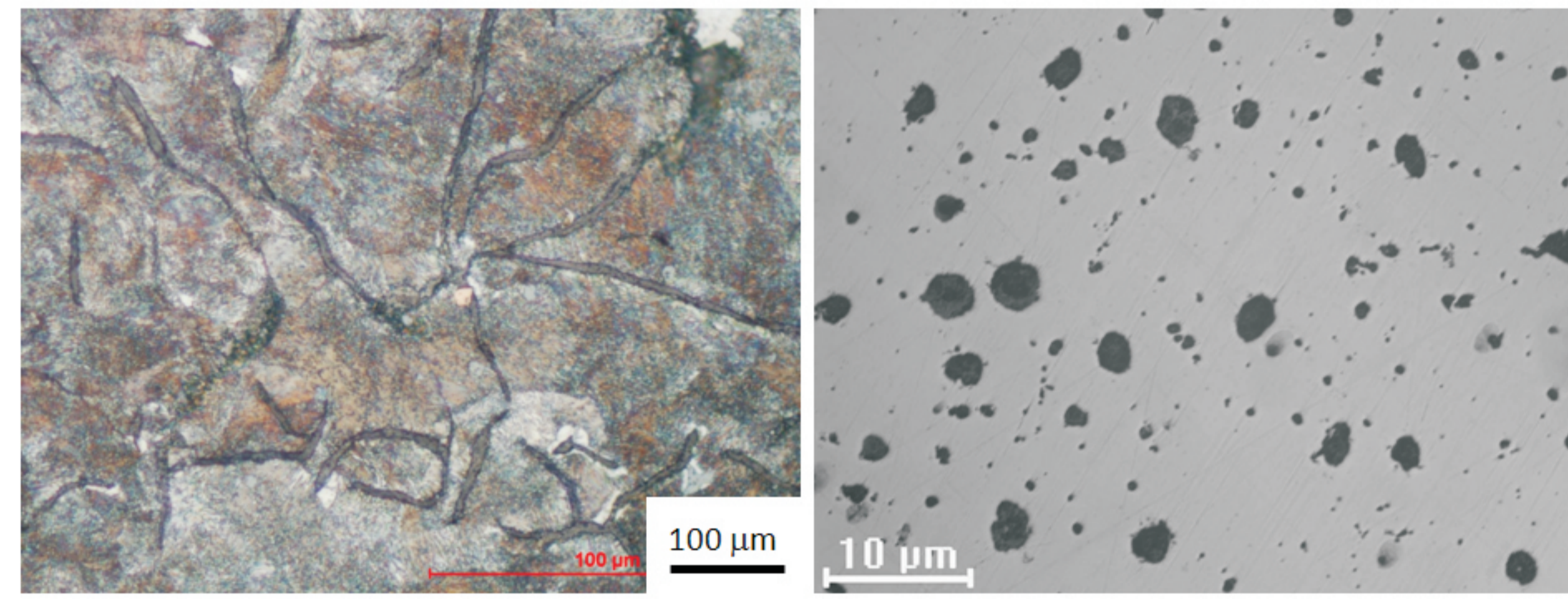
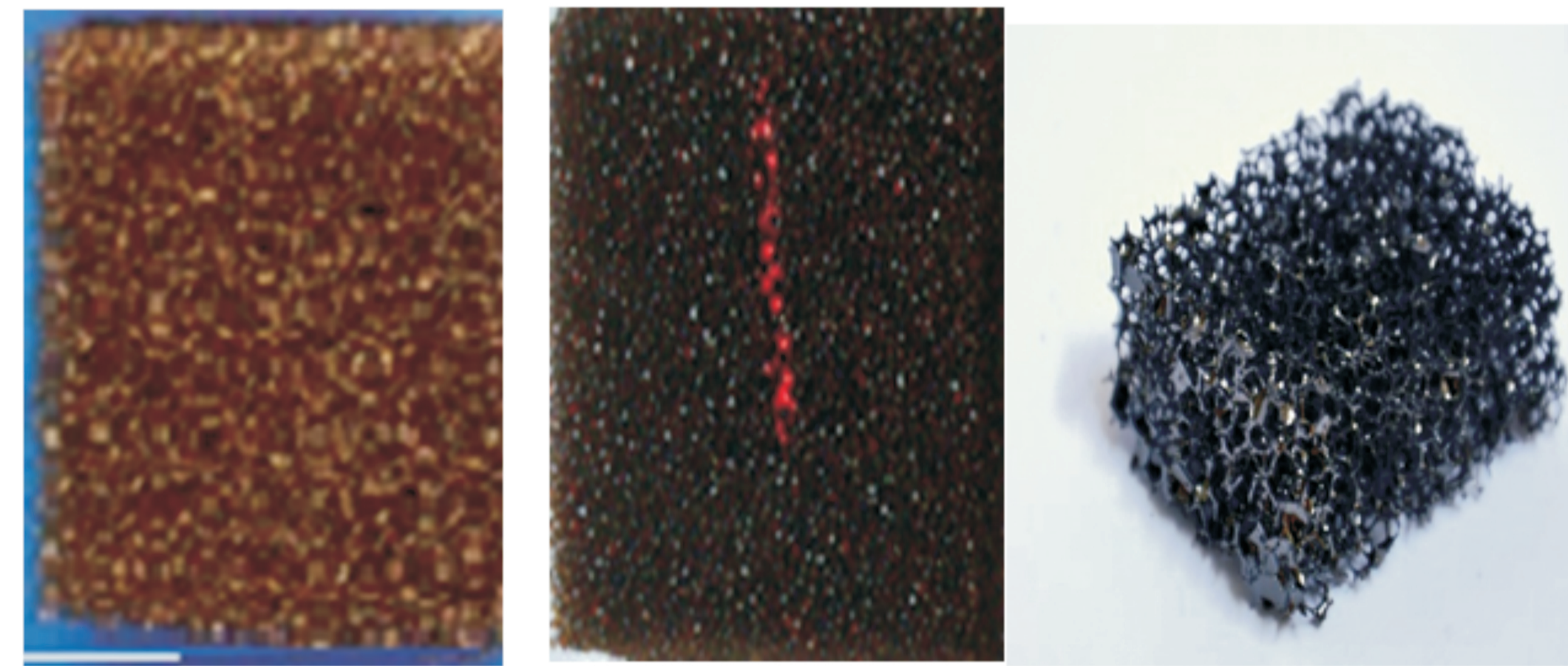
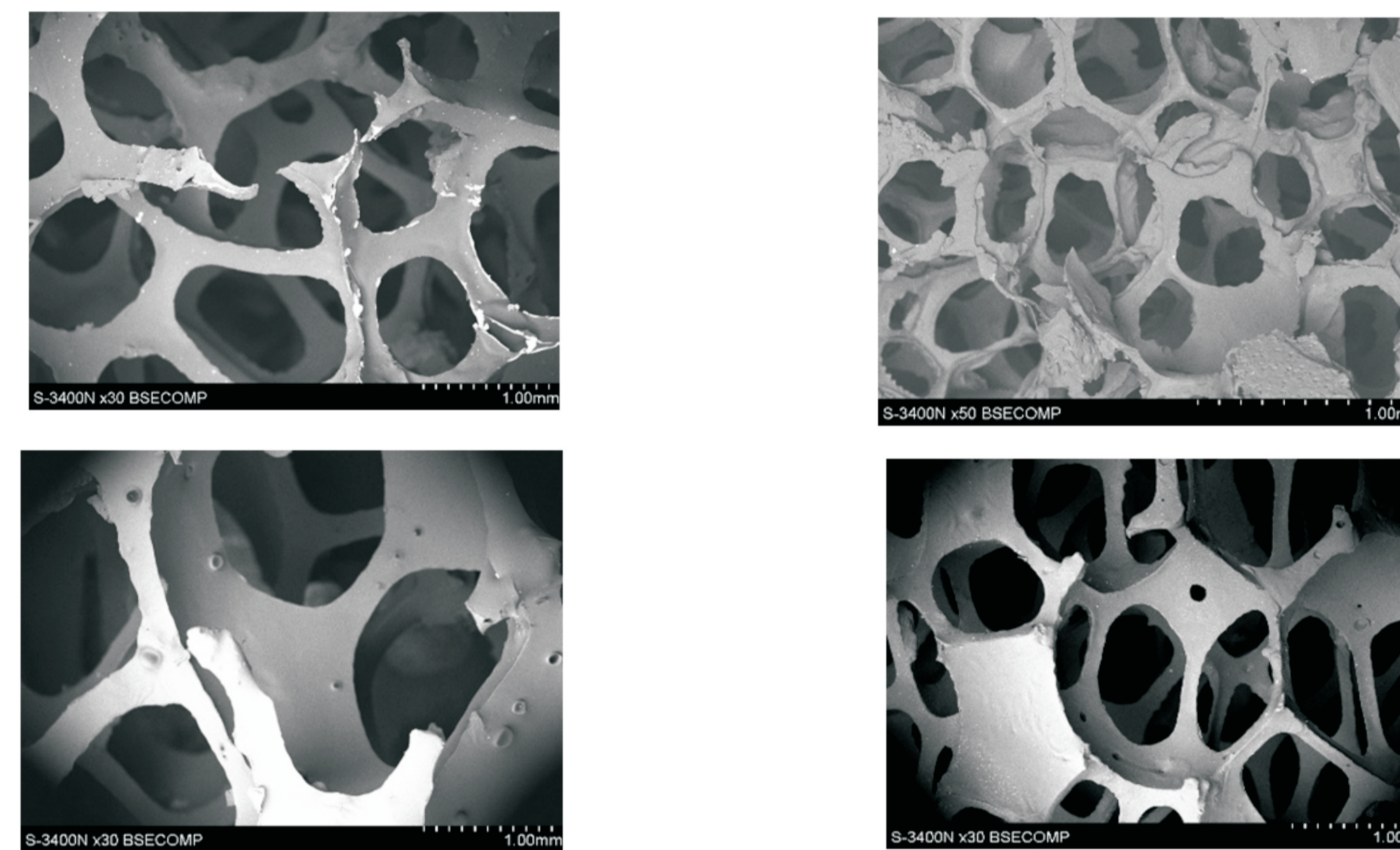


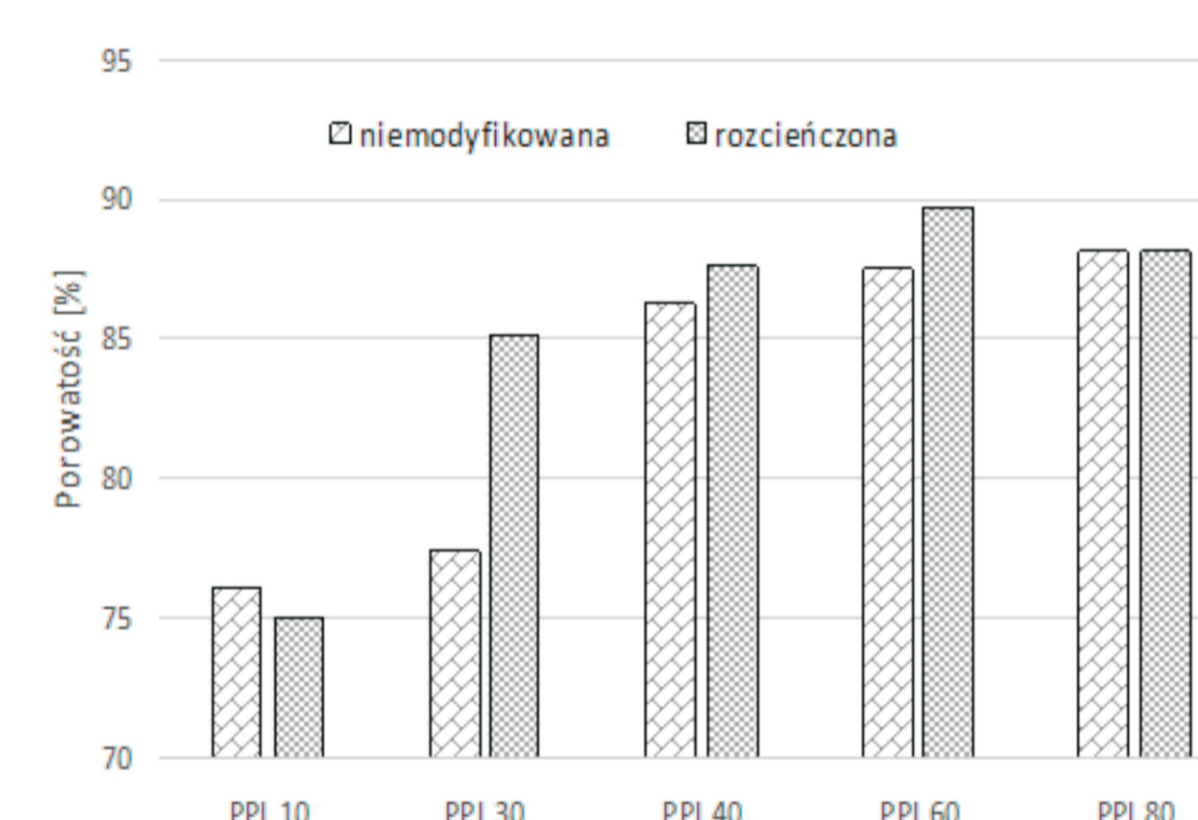
Fig. 10. Structure of the cast iron before and after the spheroidization  
Rys. 10. Struktura żeliwa przed i po sferoidyzacji



Rys. I. Etapy procesu wytwarzania pianek węglowych  
Fig. I. The manufacturing steps of use carbon foam



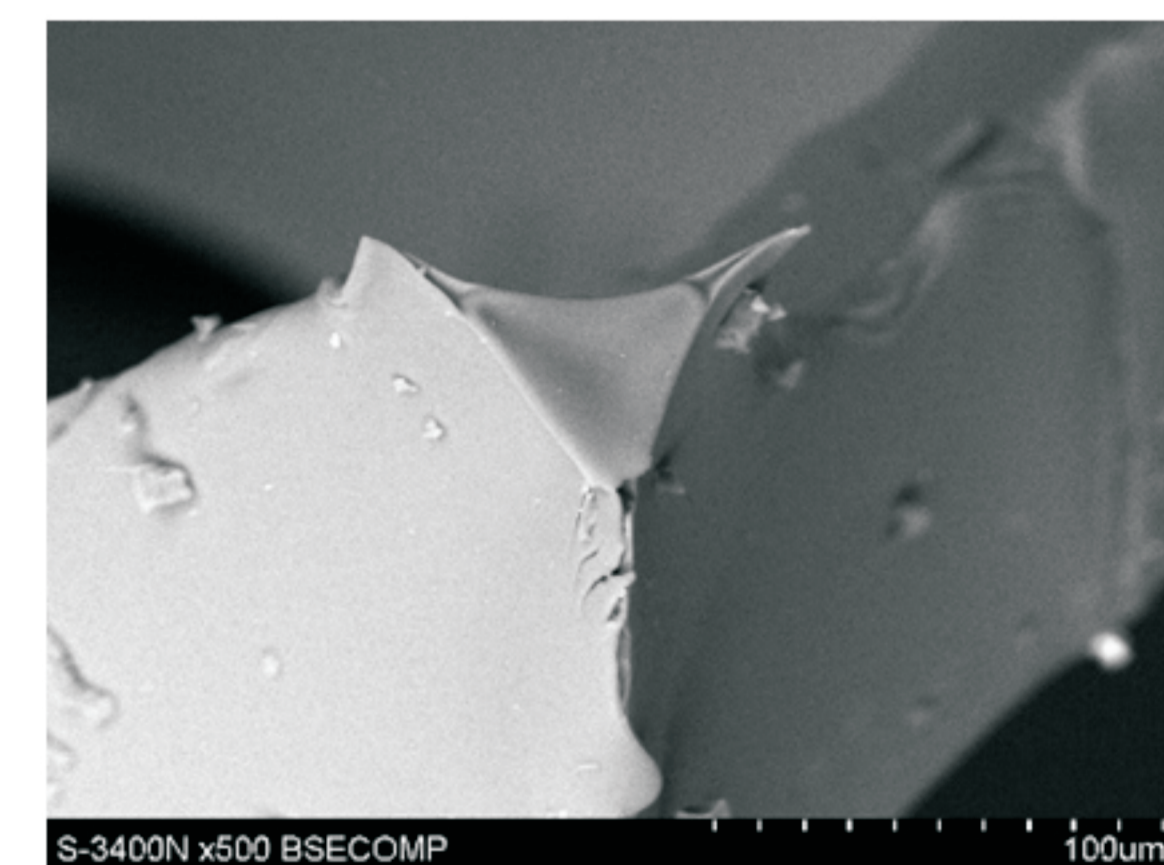
Rys. II. Struktura pianek węglowych o różnej porowatości.  
Fig. II. The structure of carbon foam with 40 i 60 ppi porosity



Rys. IV. Wpływ lepkości na porowatość pianek węglowych.  
Fig. IV. The influence of viscosity on the porosity of carbon foam



Rys. V. Wpływ lepkości na skurcz pianek węglowych.  
Fig. V. The influence of viscosity on the shrinkage of carbon foam



Rys. VI. Struktura ścianki węglowej po infiltracji żywicą modyfikowaną i niemodyfikowaną.

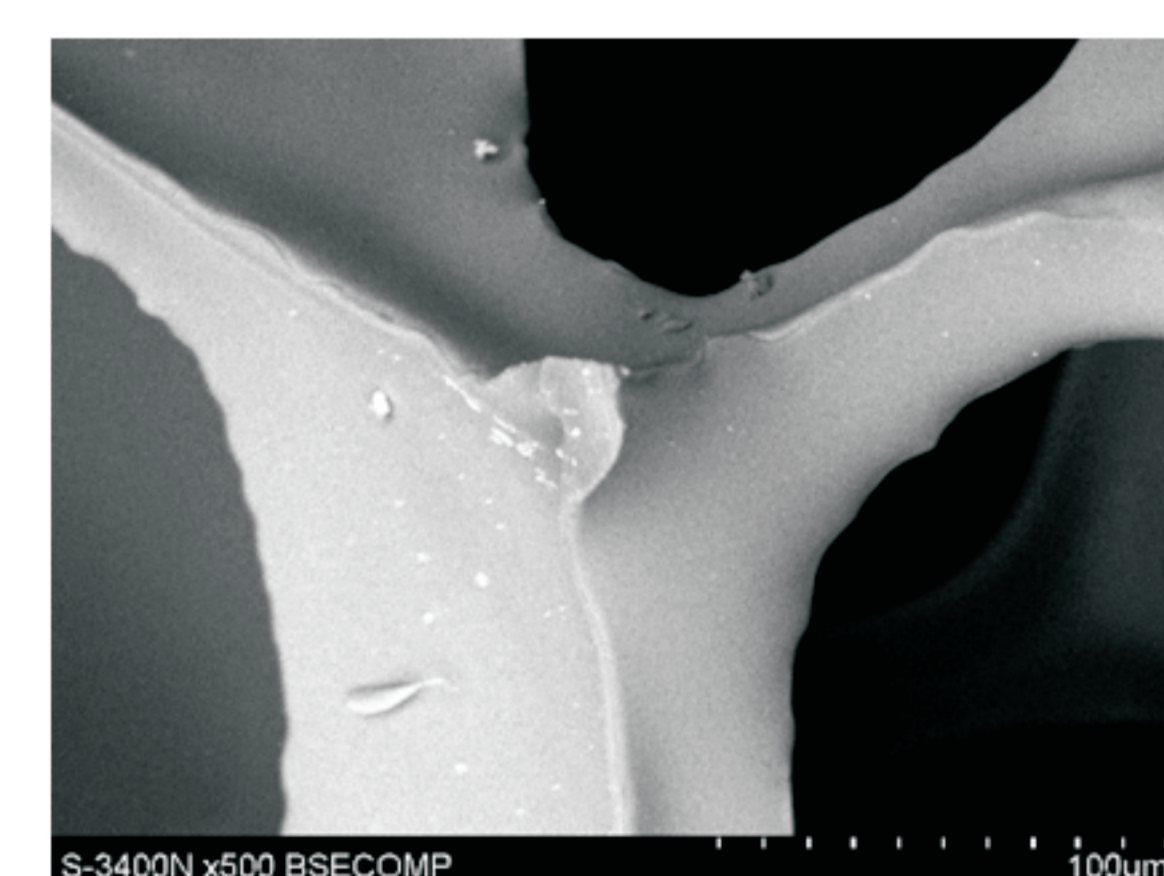


Fig. I. The structure of carbon wall after infiltration process by another resin

#### Wyniki badań Results

##### Szkieletowe struktury umacniające z węgla szklanego Glassy Carbon Skeleton Structure as Reinforcement

Coraz częściej wykorzystywane są porowate struktury z chemicznie czystego węgla. Nadają się one jako filtry wody oraz ze względu na bardzo dobre właściwości mechaniczne mogą być zastosowane jako zbrojenie kompozytów. Pianki węglowe mogą znaleźć zastosowanie w porowatych elektrodach jak, nośniki katalizatorów, materiały adsorbujące oczyszczania cieczy lub gazów, filtry dla stopionych metali i żrących chemikaliów, szablony do metalu i pianek ceramicznych, amortyzatory akustyczne. Można je wykorzystać również w elementach odpornych na szoki termiczny, osłony zakłóceń elektromagnetycznych (EMI), do tłumienia drgań i ablacji. Właściwości pianki węglowej są zależne od parametrów mikrostruktury, takich jak gęstość, liczba komórek na cal, grubość ściany komórkowej i topologii połączeń w strukturze porowatej.

The porous structures made from chemically pure carbon are increasingly using in industry. These materials are typically applied as a filters for water or, due to high mechanical properties, as a composite reinforcement. The carbon foam can be applied as a porous electrodes, catalyst supports, adsorbent materials for cleaning liquids or gases, filters for molten metals and corrosive chemicals, precursors for metal and ceramic foams or acoustic absorbers. These foams can be used also as a materials resistant against thermal shocks, shielding electromagnetic interference (EMI), or elements for vibration damping and ablation decreasing. The properties of carbon foams depend on the microstructure parameters, like density, number of cells, thickness of walls and cells bonding in porous structure.

##### Technologia otrzymywania porowatych struktur węglowych Manufacturing proces of porous carbon struture

Do wytworzenia węglowego materiału o strukturze szkieletowej wykorzystano komercyjne pianki poliuretanowe o różnej porowatości otwarto komórkowej 10 ppi, 30 ppi, 40 ppi, 60 ppi, 80 ppi.

Poszczególne etapy technologii dotyczyły:

- wyboru materiału pianki,
- infiltracji pianki materiałem prekursora węglowego - żywica fenolową,
- wytworzenia struktury węglowej w procesie karbonizacji, Etapy technologii przedstawia rys. I. Do infiltracji zastosowano żywicę fenolową o różnej lepkości - niemodyfikowaną i rozcieńczoną alkoholem.

For manufacturing process of carbon skeleton structure material, the commercial polyurethane foams were used. These foams were characterized by porosity on the level 10 ppi, 30 ppi, 40 ppi, 60 ppi, 80 ppi.

The manufacturing steps were focused on:

- The selection of foam material
- The foam infiltration by carbon precursor - phenolic resin
- The carbon structure creation as a result of carbonization process

The stages of technology are presented in the figure I.

Dokonano oceny wpływu lepkości żywicy na podstawowe właściwości i strukturę uzyskanych pianek o różnej porowatości wyjściowej. Odpowiednio dobrane parametry infiltracji i karbonizacji pozwoliły na zachowanie otwartokomórkowej struktury pianki poliuretanowej. Na rysunku II przedstawiono przykładowe struktury pianek o porowatości 40 i 60 ppi. Stwierdzono, że parametrem decydującym o jakości pianki jest lepkość żywicy użytej do infiltracji pianki poliuretanowej. Żywica o dużej lepkości może powodować zamykanie ścianek poszczególnych komórek oraz bardzo nieregularne kształty poszczególnych krawędzi tworzących strukturę szkieletową (rys. III). Lepkość żywicy infiltrującej przyczynia się do zmiany porowatości i skurczu. (rys. IV i V).

Lepkość nie wpływa na mikrostrukturę węgla szklanego. Materiał pianki (poliuretan) i materiał powłoki zabezpieczającej (żywica fenolowo- formaldehydowa) są jednorodne, bez widocznego rozdzielenia międzywarstwowego. Świadczy to o poprawnie wybranych parametrach karbonizacji (rys. VI).

The influence of viscosity of resin on the basic properties and structure of created foams was analysed. The proper selection of infiltration and carbonization processes led to opened cells structure of polyurethane foams obtaining. In the figures II, the structures of foams with porosity 40 and 60 ppi are presented.

It was proved, that the most important parameter during infiltration process is viscosity of resin. The high density of resin can lead to closing of cells and to irregular shape of edges of skeleton structure (Fig. III).

The viscosity of resin used for infiltration revealed an influence on porosity changes and material shrinkage (Fig. IV and V).

The viscosity have no influence on the structure of glassy carbon. The foam material (polyurethane) and layer material (phenol - formaldehyde resin) were uniform, without visible boundary between layers. It is a proof, that selection of carbonization process was correct (Fig. VI).

#### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

##### Referaty:

1. Kompozyty 2015 XIX „Teoria i Praktyka”: **Wpływ prekursora hybrydowego na strukturę kompozytów ceramiczno-metalowych przeznaczonych na elementy lotnicze**, prezentacja, kwiecień 2015, Częstochowa
2. Kompozyty 2015 XIX „Teoria i Praktyka”: **Wpływ prekursora węglowego na strukturę kompozytów ceramiczno-metalowych przeznaczonych na elementy lotnicze**, prezentacja, kwiecień 2015, Częstochowa
3. Ceramic Interconnect & Ceramic Microsystems Technologies CICMT 2015, Drezno 2015
4. „Kompozyty-Nauka-Przemysł”: **Kompozyty zawierające szkieletowe struktury wzmacniające**, Ustroń 2014

##### Publikacje:

1. J. Myalski, A. Posmyk: **Pcursor influence of structure of metal - ceramic composites designed for aviation machine parts**, Composites, 2015, no 1, p.28-33
2. A. Posmyk, J. Myalski: **Pcursor influence of structure of metal - ceramic composites designed for aviation machine parts**, Composites, 2015, no 1, p.16-20

##### Prace mgr, dr, hab.

- Prace inżynierskie:
1. D. Barcz: **Parametry wytwarzania struktur porowatych na bazie węgla szklanego**
  2. A. Mieczek: **Wpływ ilości węgla szklanego na morfologię i właściwości tribologiczne kompozytów na bazie aluminium**.
  3. K. Windyś: **Modelowanie mechanizmu zużycia materiałów kompozytowych metodami MES**.