

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Materiały lotnicze o zaawansowanej strukturze (monokryształ, krystalizacja kierunkowa)

Aeronautical materials of advanced structure (monocrystal, directional crystallization)

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska, Uniwersytet Rzeszowski

Wyniki badań Results

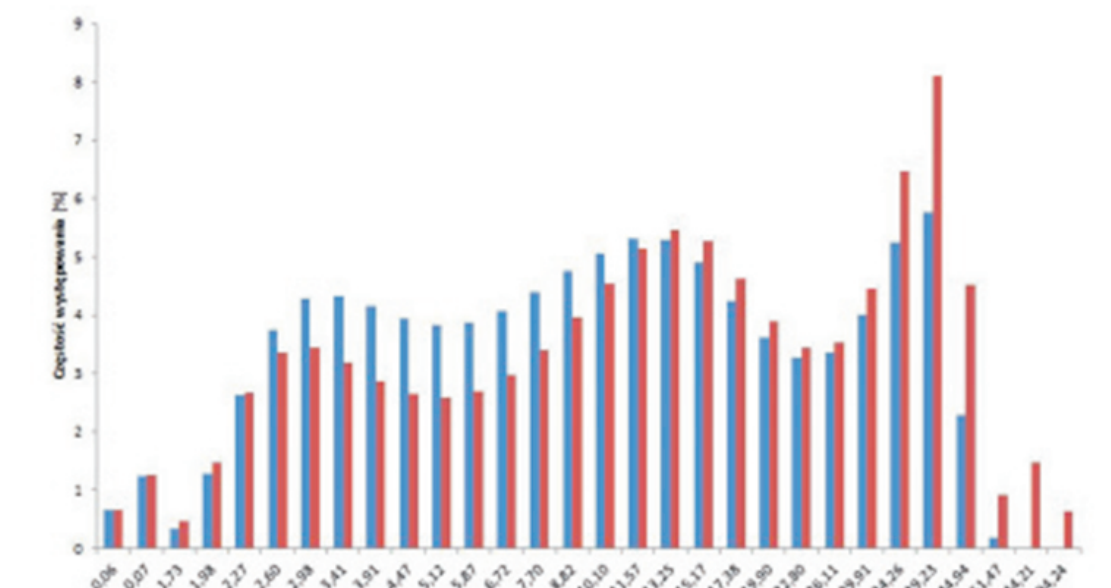
Wpływ warunków wytwarzania woskowych zestawów modelowych i form ceramicznych na jakość odlewów rdzeniowych łopatek turbin silników lotniczych
Influence of manufacturing wax model kits and ceramic molds for casting quality of cored aircraft engine turbine blades

Mieszanki formierskie z Y2O3 ze spoiwem zawierającym koloidalny tlenek glinu na warstwę przymodelową form odlewniczych

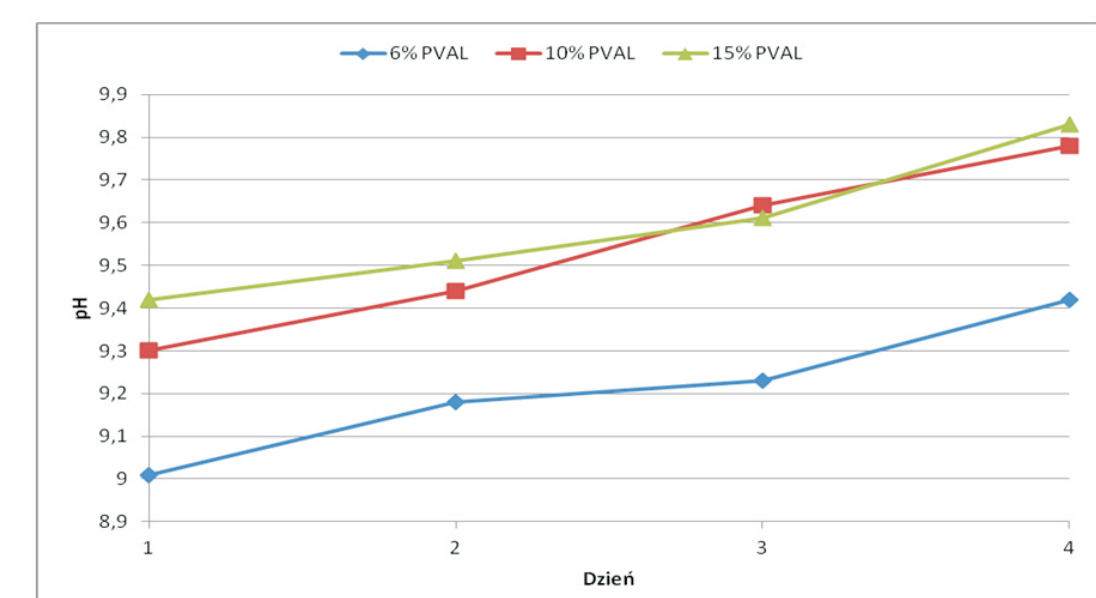
Kontynuacja prac nad otrzymaniem i badaniem mieszanek formierskich z Y2O3 200 – 325:
- zawartość spoiwa PVAL 26-88: 6, 10, 15 % wag. ;
- udział proszków 200# : 325# = 1:1 .

- Skład mieszanek:
- poiwio wodorozpuszczalne na bazie koloidalnego Al2O3
Evonik; pH = 7,3; gęstość = 1,43g/cm3; lepkość (kubek Zahna) = 7,35s
 - Proszki Y2O3 (a) 200 # i (b) 325 #
 - Materiały pomocnicze
- glikol poli(etylenowy) Polikol 1500
- poli(alkohol winylowy) [PVAL]: 26-88 (Mowiol, Niemcy)
ciężar cząsteczkowy: 26000 g/mol; stopień hydrolyzy 88%
środek antypienny;
środek zwilżający;
woda destylowana.

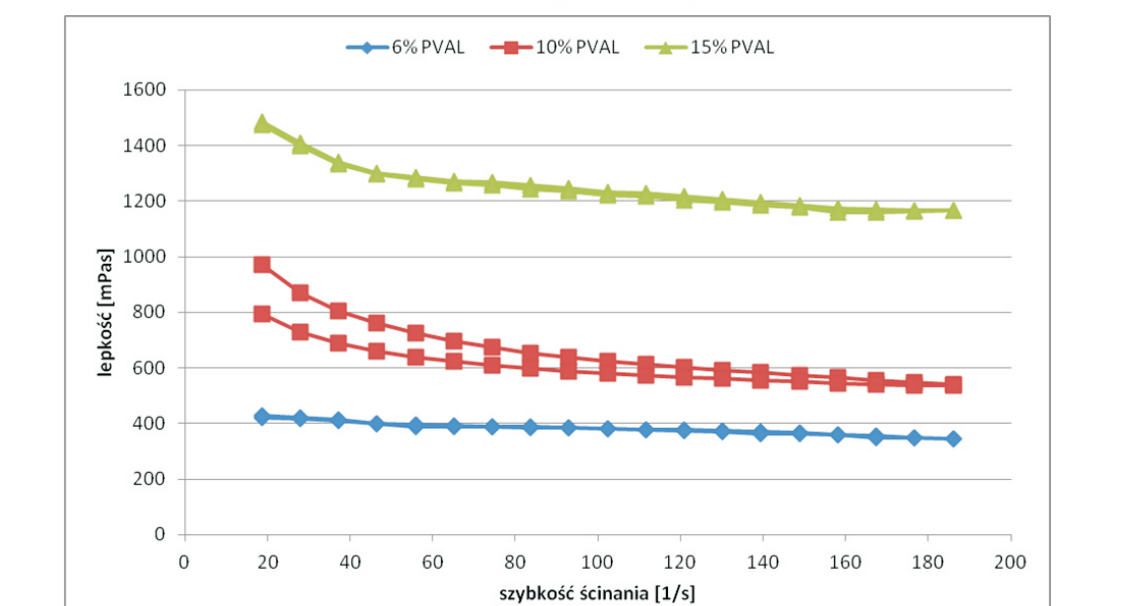
Rys. 1. Wpływ rozmiarów cząstek Y2O3 na objętość względną
Fig. 1. Y2O3 particle size effect on the relative volume



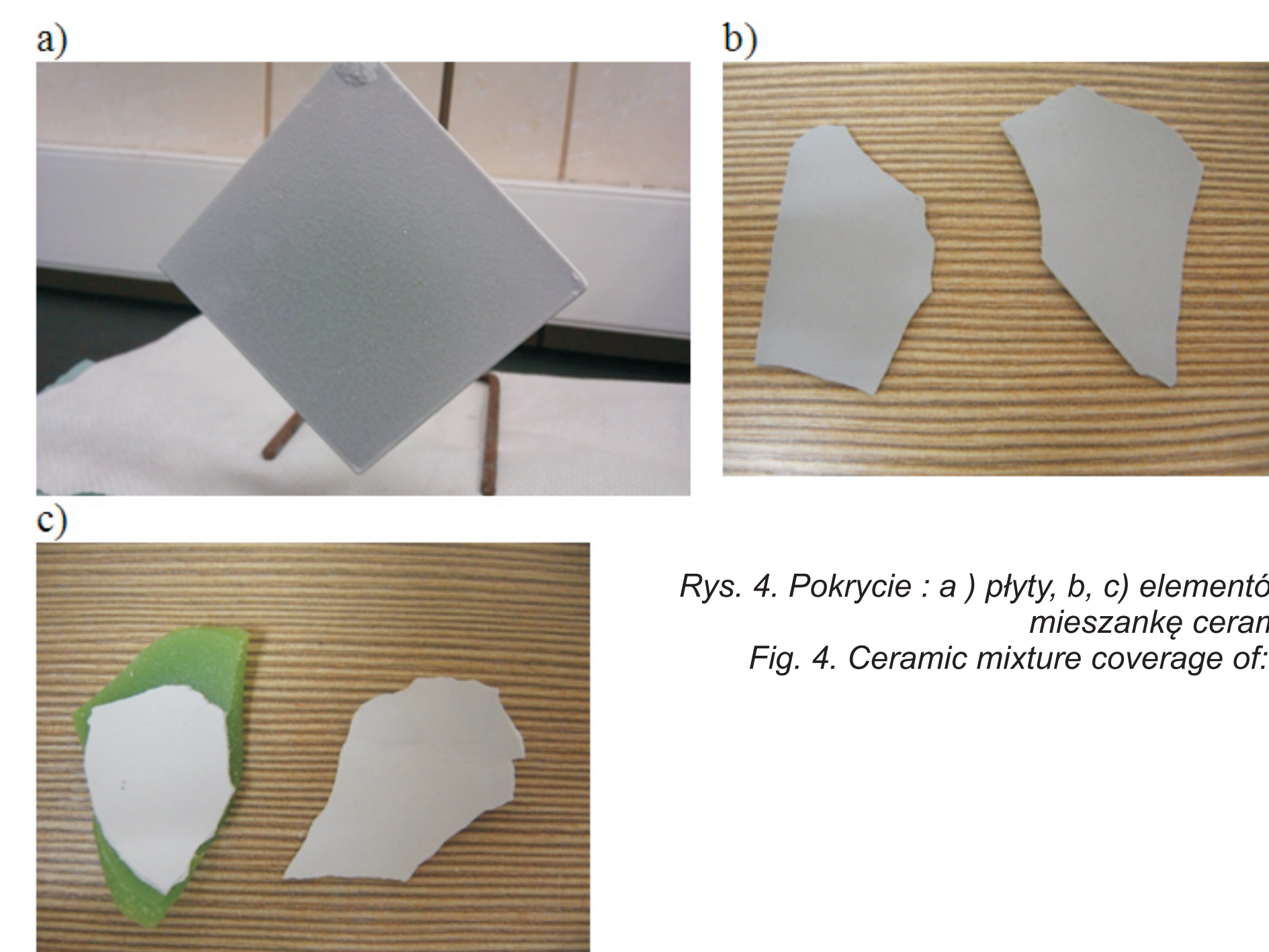
Odczyn mieszanek



Rys. 2. Wpływ czasu na odczyn mieszanek ceramicznych
Fig. 2. Time effect on ceramic mixture reaction



Rys. 3. Zmiana lepkości dynamicznej mieszanki
Fig. 3. Changes in the dynamic viscosity of the mixture



Rys. 4. Pokrycie : a) płyty, b) c) elementów woskowych odlewniczych przez mieszanke ceramiczną
Fig. 4. Ceramic mixture coverage of: a) plate, b) wax elements

Wnioski Conclusions

- pH mieszanek jest większy niż odczyn spoiwa Evonik i leży w obszarze zasadowym
- Odczyn zawiesin wzrasta w trakcie 4-dniowego cyklu pomiarowego
- Największą stabilnością charakteryzuje się masa formierska zawierająca 6% mas. PVAL
- Największą lepkością charakteryzuje się masa formierska zawierająca 15 % mas. a najmniejszą zawierająca 6 % mas. PVAL
- Zwiększenie zawartości PVAL wpływa na wzrost lepkości względnej mieszanej.
- Ze względu na zbyt wysoką lepkość, mieszanki o zawartości 10 i 15% mas. PVAL są nieprzydatne do wykonywania mieszanek ceramicznych stosowanych na formy odlewnicze.

- The pH of the mixtures is greater than Evonik binder and is alkaline,
- The pH of the slurry increases during the 4-day test cycle.
- The most stable is the moulding mass containing 6 wt.% PVAL.
- Moulding mass containing 15 wt.% PVAL shows the highest viscosity, while the lowest one the mass containing 6 wt.% PVAL.
- Increase of the PVAL content increases relative viscosity of the moulding mass.
- Due to too low viscosity, masses containing 10 and 15 wt.% of PVAL are not suitable for casting moulds ceramic mixtures preparation.

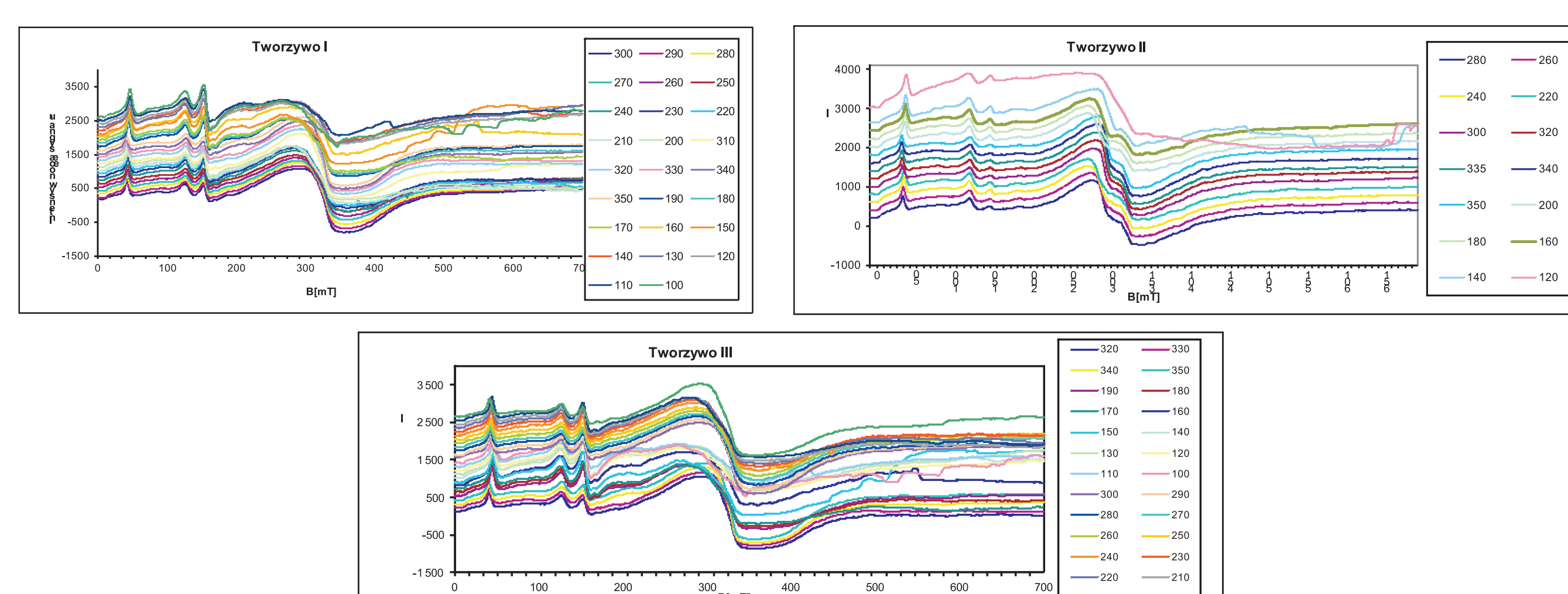
Wyniki badań Results

Materiał do badań

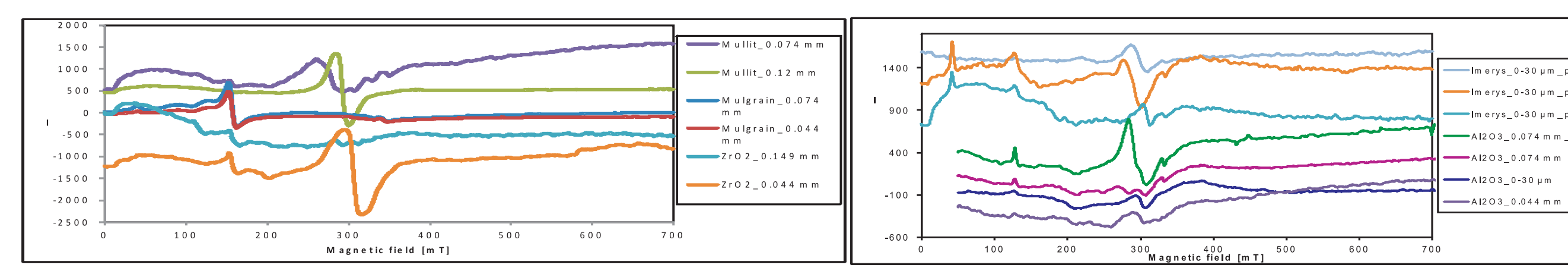
Metodą EPR badano proszki stosowane na rdzenie i formy ceramiczne takie jak: Al2O3, ZrO2 imerys i mulit o różnej wielkości ziaren oraz pochodzące z różnych partii i od różnych dostawców w paśmie X oraz Q. Z każdej partii wybrano po 4 próbki o masie 0,02g do pomiarów w paśmie X. Badano także rdzenie ceramiczne otrzymywane metodą wtrysku wysokociśnieniowego.

Material for investigations

Powders used to the cores and ceramics form such as Al2O3, ZrO2, Imerys and mullite grains of different sizes and from various parties and from various suppliers was studied by EPR method in the X and Q band. With each batch of samples after 4 were selected weighing 0.02 g for measuring in the X-band. Ceramic cores obtained by the high-pressure injection was also studied.



Rys. 1. Widma EPR w paśmie X dla rdzeni ceramicznych w zależności temperatury
Fig. 1. Temperature dependence of EPR spectra in X-band for ceramic cores



Rys. 2. Widma EPR w paśmie X dla badanych materiałów
Fig. 2. EPR spectra in X-band for selected samples from the investigated materials.

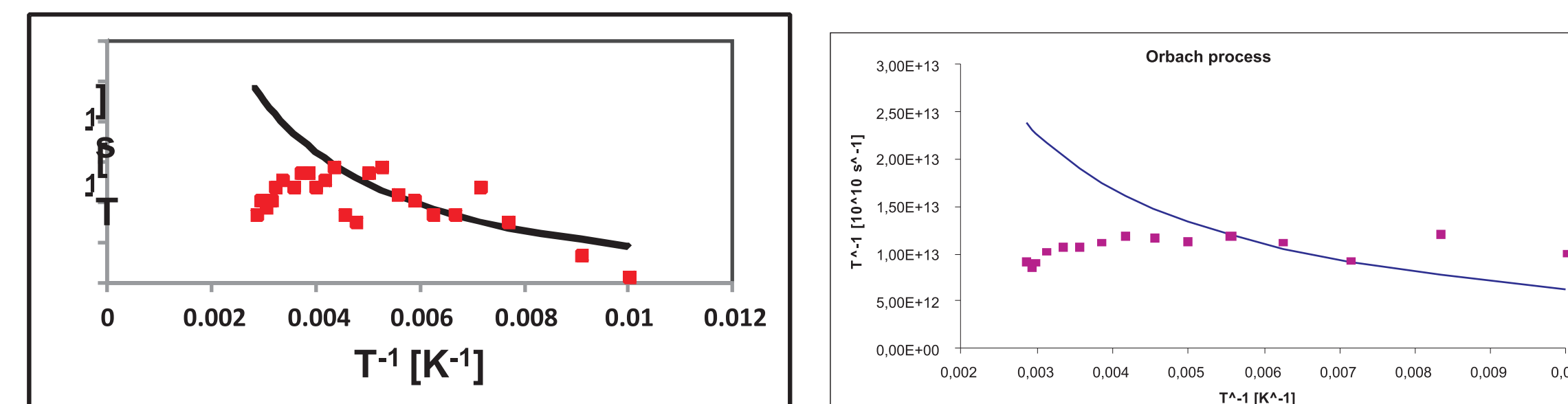
The estimation of the spin-lattice relaxation time T1 can be made using the expression:

$$T_1^{-1} = 2.8 \cdot 10^{10} \cdot \omega^2 \cdot \delta$$

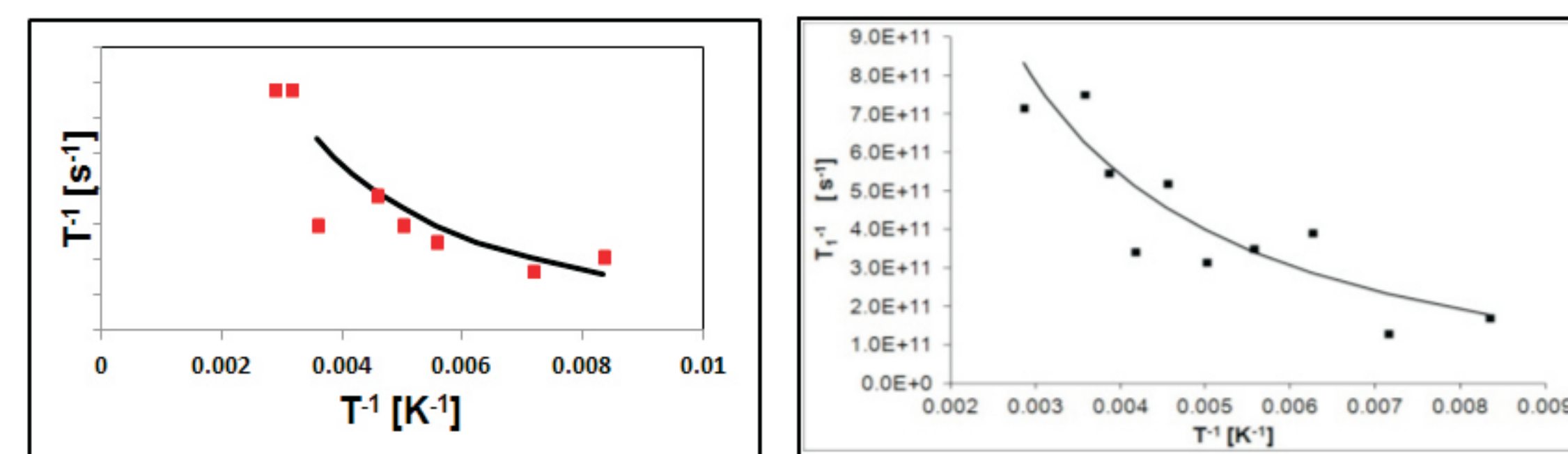
In the temperature range 140 – 380 K the relaxation time T1 is governed by the Orbach process:

$$T_1^{-1} = A \cdot \exp\left(\frac{\delta}{kT}\right) \cdot \exp\left(-\frac{\delta}{kT}\right)$$

where δ represents the energy splitting between the ground paramagnetic centers state and the first excited state, A is a constant



Rys. 3. Brak zgodności z modelem Orbacha, tzn. linia EPR składa się z 2 różnych komponentów np. jonów Fe i Cr
Fig. 3. Non-compliance with the model Orbach, ie. EPR line consists of two different components, eg. Fe and Cr



Rys. 4. Zgodność z modelem Orbacha, linia EPR składa się z jednego komponentu np. jonu Fe lub Cr
Fig. 4. Compliance with the model Orbach, EPR line consists of one component, eg. Ion Fe or Cr

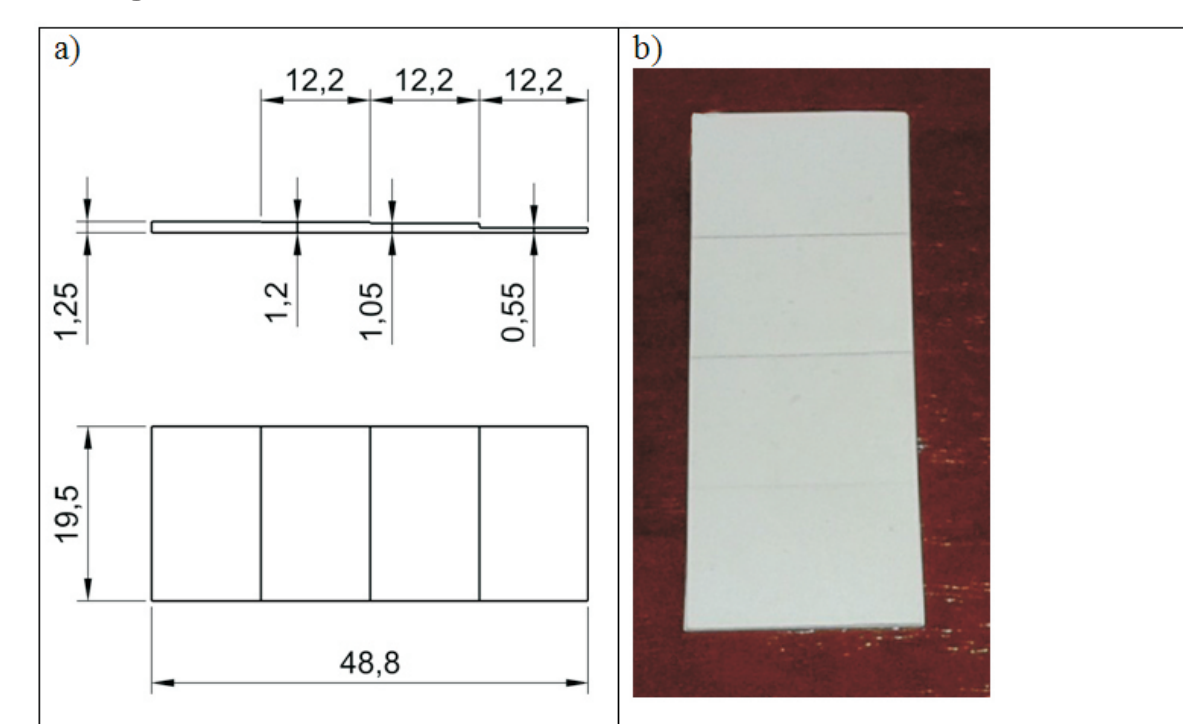
Wnioski Conclusions

Metoda EPR umożliwiła pomiary zanieczyszczeń Fe i Cr na poziomie dotychczas niemożliwym do detekcji w oparciu o standardowe metody pomiarowe.
Dodatkowym kryterium identyfikacji centrów paramagnetycznych są pomiary temperaturowe i ich analiza zgodności z określonym modelem np. Orbacha
EPR method allows the measurement of Fe and Cr impurities at previously impossible to detect using standard methods of measurement.
An additional criterion for identifying paramagnetic centers are temperature measurement and analysis of compliance with the specified model (eg. Orbach)

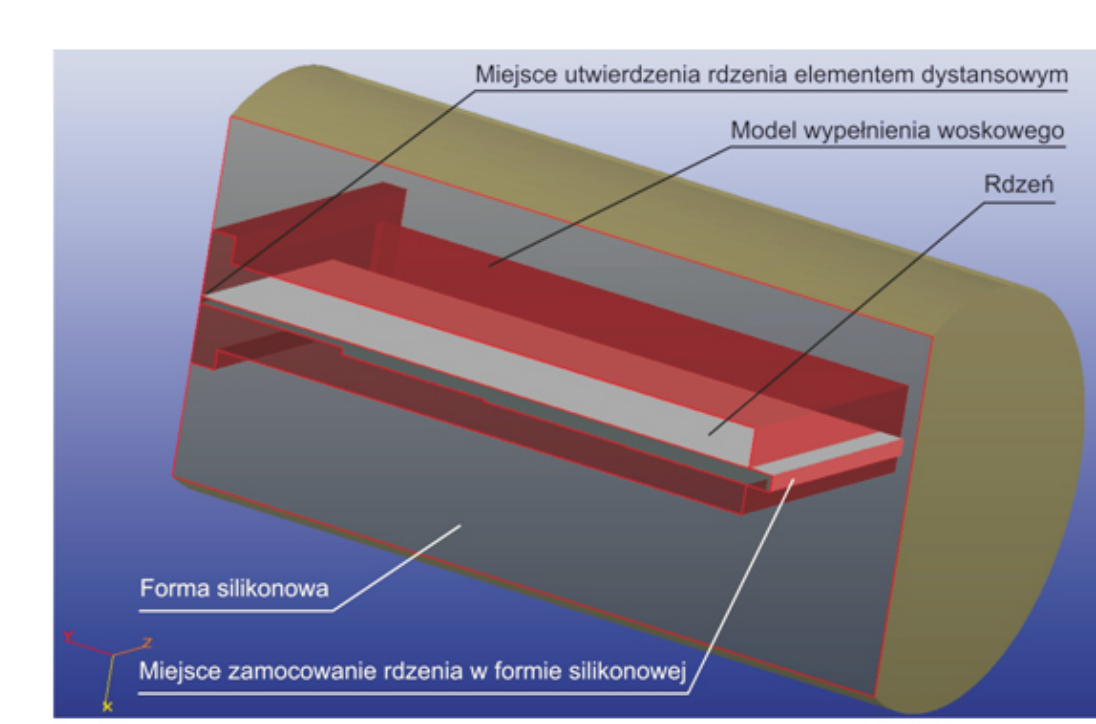
Wyniki badań Results

Wykonanie analizy wymiarowej rdzeni ceramicznych o małej grubości oraz wykonanie woskowych elementów modelowych

Opracowano metodykę i wykonano pomiary wymiarów rdzeni (o stopniowanej grubości od 0,55 - 1,25 mm) i modeli rdzeniowych. Badania przeprowadzono na rdzeniach o długościach 48,8mm oraz 61mm.



Rys. 8. Rdzeń stopniowany: a) wymiary, b) widok
Fig. 8. Core with changed thickness: a) dimensions, b) real view



Rys. 9. Sposób umieszczenia rdzenia w formie silikonowej
Fig. 9. Positioning of the core in the silicone mould

Wnioski Conclusions

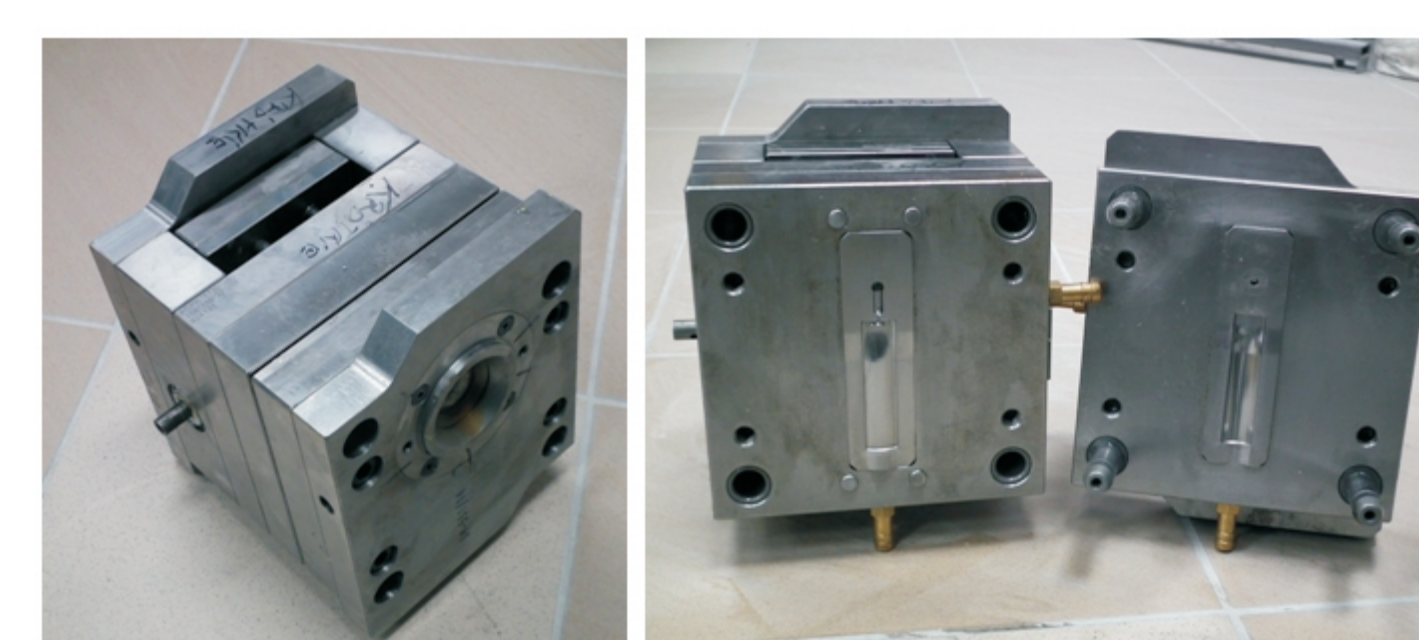
Wyniki pomiarów mieszczą się w granicach tolerancji. Ocena dokładności wymiarowej rdzeni umożliwiła ich prawidłowe zamocowanie w formie silikonowej w celu wykonania elementów woskowych.

Measurements results are within tolerance. Core dimensional accuracy assessment allows proper positioning in the silicone mould in order to manufacture wax elements

Wyniki badań Results

Nanoszenie cienkich warstw stabilizowanego dwutlenku cyrkonu na powierzchni rdzeni ceramicznych o zdefiniowanym kształcie przeznaczonych do wytwarzania łopatek turbin silników lotniczych.

Przeprowadzono próby nanoszenia cienkich warstw stabilizowanego dwutlenku cyrkonu na powierzchniach rdzeni ceramicznych o zdefiniowanym kształcie przeznaczonych do wytwarzania łopatek turbin silników lotniczych, w celu zmniejszenia chropowatości powierzchni rdzeni. Warstwy na rdzeniach ceramicznych wykonano metodą Ink Jet Printing oraz Dip Coating.

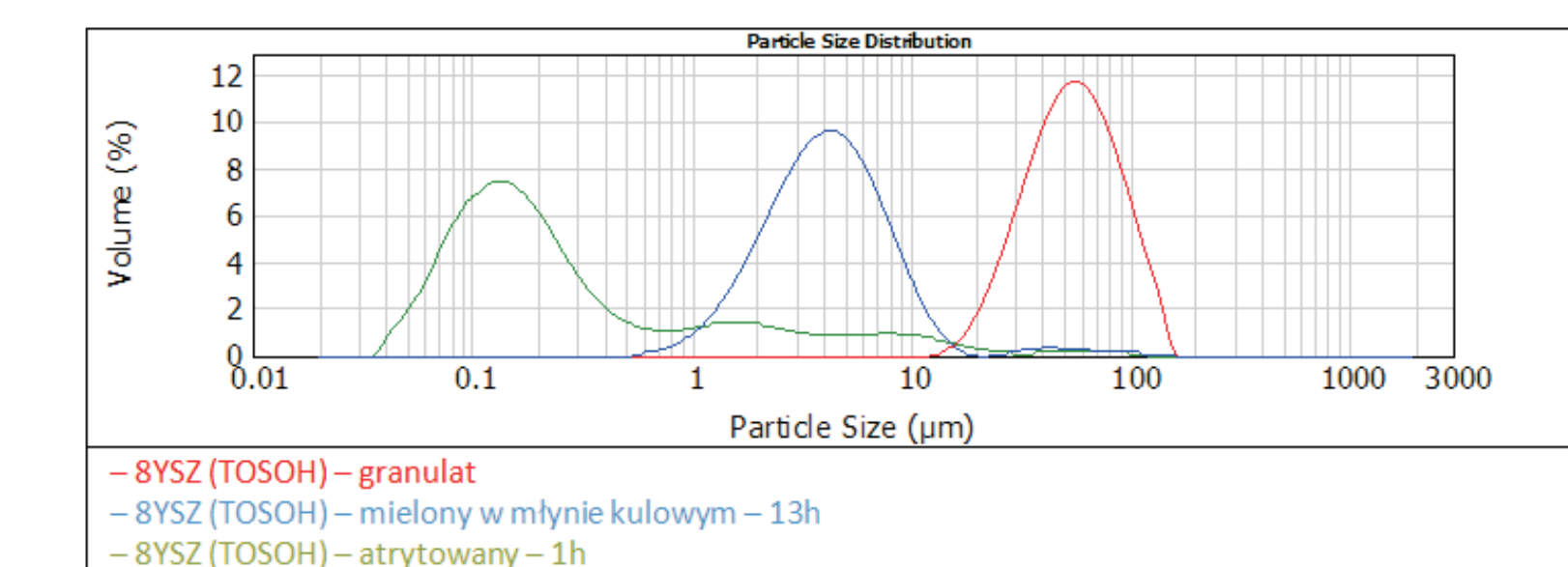


Rys. 10. Forma do wtrysku wysokociśnieniowego rdzeni ceramicznych
Fig. 10. High-pressure injection mould for ceramic cores.

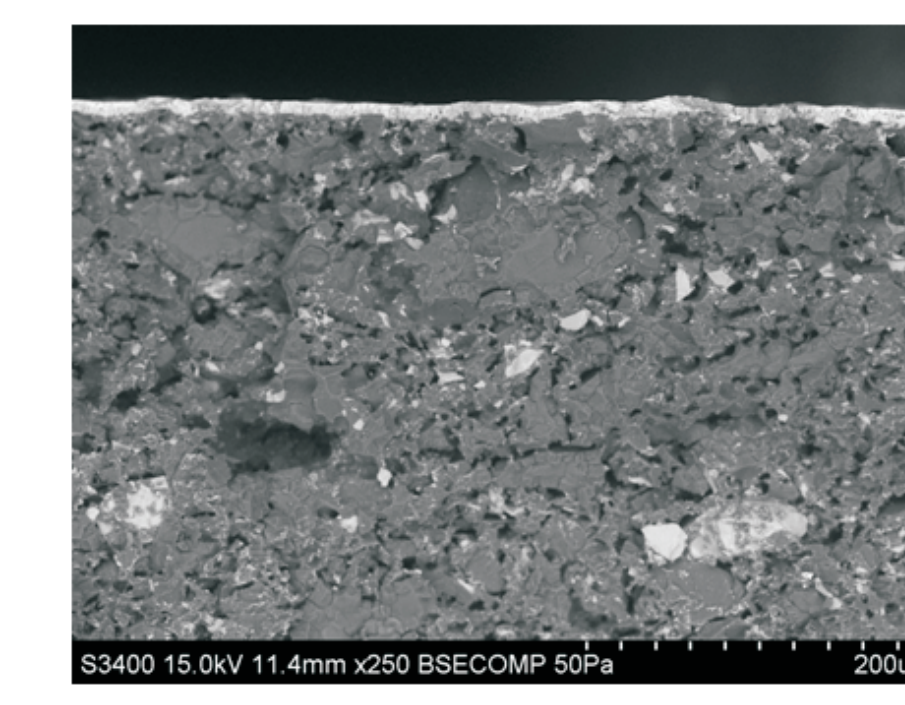
Rdzenie wykonywano metodą wtrysku wysokociśnieniowego z masy na osnowie dwutlenku krzemu opracowanej w ramach dotychczasowej realizacji zadania oraz spiekano w temperaturze 1250°C

Rys. 11. Rdzenie ceramiczne spiekane w temperaturze 1250°C
Fig. 11. Ceramic cores sintered in 1250°C

Na rdzeniach przeprowadzono próby nanoszenia cienkich warstw ceramicznych. Do realizacji tego celu użyto komercyjnego proszku stabilizowanego dwutlenku cyrkonu w postaci sztucznie wytworzonego granulatu japońskiej firmy TOSOH.



Rys. 12. Rozkład wielkości ziarn proszku 8YSZ w formie granulatu, mielonego w młynie kulowym i mielonego atrycyjnie
Fig. 12. Particle size distribution of 8YSZ powder in the form of granules, ground in a ball mill and attritor mill



Rys. 13. Powierzchnia przekroju rdzenia z naniesioną metodą Ink Jet Printing warstwą 8YSZ wypalony w temperaturze 1300°C
Fig. 13. Cross-section of core coated with 8YSZ by Ink Jet Printing method preheated in 1300°C

Tabela 1. Wyniki badań chropowatości powierzchni rdzeni z naniesioną i spieczoną warstwą stabilizowanego dwutlenku cyrkonu
Table 1. Roughness measurement results for cores coated with sintered stabilized zirconium oxide

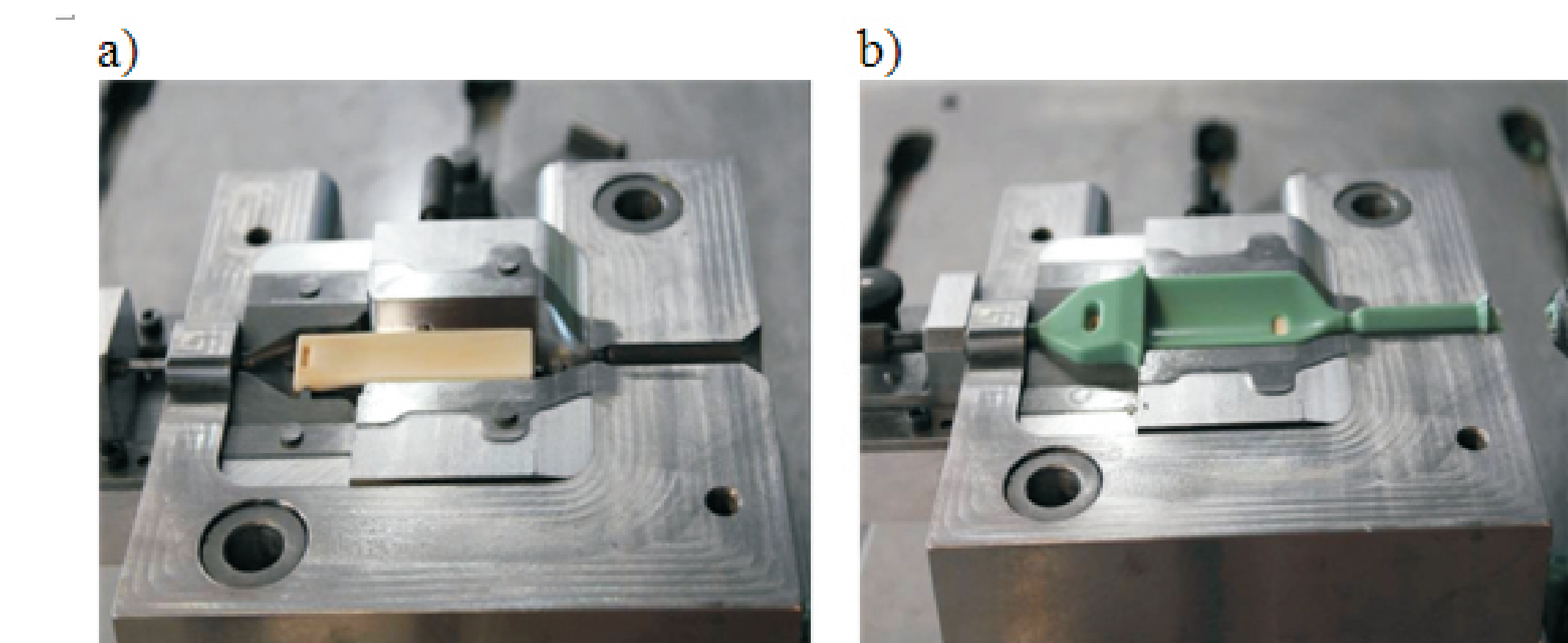
Metoda	Chropowatość powierzchni, [µm]
Bez warstwy	2,79
Ink Jet Printing	1,34
Dip coating	1,93

Wnioski Conclusions

Powierzchnia rdzeni ceramicznych z warstwą wierzchnią z tlenku cyrkonu charakteryzuje się ok. 2 x mniejszą chropowatością niż rdzenie bez warstwy.
Conclusions
Surface of ceramic cores coated with zirconium oxide is characterized by approx. twice lesser roughness to compare to cores without the coating.

Wyniki badań Results

Wykonanie rdzeni ceramicznych, woskowych elementów rdzeniowych i woskowych zestawów modelowych
Metodą wtrysku wykonano woskowe rdzeniowane elementy łopatek turbiny oraz woskowe zestawy modelowe.



Rys. 14. Rdzeń ceramiczny w matrycy (a), rdzeniowana łopátka w matrycy, (b) rdzeniowane woskowe modele łopatek (c), woskowy zestaw modelowy (d)
Fig. 14. Ceramic core in the die (a), cored blade in the die (b), cored wax models of the blades (c), wax model set (d).

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- Kontakt z przedsiębiorstwami
- współpraca z Wydziałem Odlewni Precyzyjnej W-50 WSK „PZL-Rzeszów” S. A. w zakresie wytwarzania elementów konstrukcyjnych turbin silników lotniczych.
- współpraca z Instytutem Energetyki CEREL –Boguchwała w zakresie wytwarzania rdzeni ceramicznych

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

- M. Małek, P. Wiśniewski, H. Matysiak, K. J. Kurzydłowski: *Technological properties of ceramic slurries based on yttrium III oxide for investment casting process*, EMRS FALL MEETING, 15-19.09.2014r. Warsaw, Poland
- M. Małek, P. Wiśniewski, K. J. Kurzydłowski: *Otrzymywanie warstw przymodelowych ceramicznych form odlewniczych na bazie tlenku itru*, XLII Szkoła Inżynierii Materiałowej, 23-26.09.2014r., Ryto 2014
- M. Małek, P. Wiśniewski, H. Matysiak, K. J. Kurzydłowski: *Technological properties of ceramic slurries based on aluminium III oxide for ceramic shell moulds fabrication*, Innovative Manufacturing Technology, 3-5.12.2014r. Zakopane, Polska
- I. Stefanik, I. Rogalska: *EMR study and superposition model analysis of Cr3+ and Fe3+ impurity ions in mullite and Al2O3 powders used in aerospace industry*, III Forum EMR-PL, Kraków, 23-25.06. 2014,
- I. Stefanik, I. Rogalska: *Application of the EPR method for the study of the impurities in the Al2O3, mulgrain and ZrO2 powders used in the aerospace industry*, III Forum EMR-PL, Kraków, 23-25.06. 2014

Publikacje

- I. Stefanik, I. Rogalska, *EMR study and superposition model analysis of Cr3+ and Fe3+ impurity ions in mullite and Al2O3 powders used in aerospace industry*, Nukleoönika (w druku)
- M. Małek, P. Wiśniewski, K. J. Kurzydłowski: *Otrzymywanie warstw przymodelowych ceramicznych form odlewniczych na bazie tlenku itru*, Prace XLII Szkoły Inżynierii Materiałowej, Ryto 2014, pp. 231-235
- M. Małek, P. Wiśniewski, H. Matysiak, K. J. Kurzydłowski, *Technological properties of ceramic slurries based on aluminium III oxide for ceramic shell moulds fabrication*, Proc. Innovative Manufacturing Technology, 3-5.12.2014r. Zakopane, Polska (w druku)