

Projekt kluczowy

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

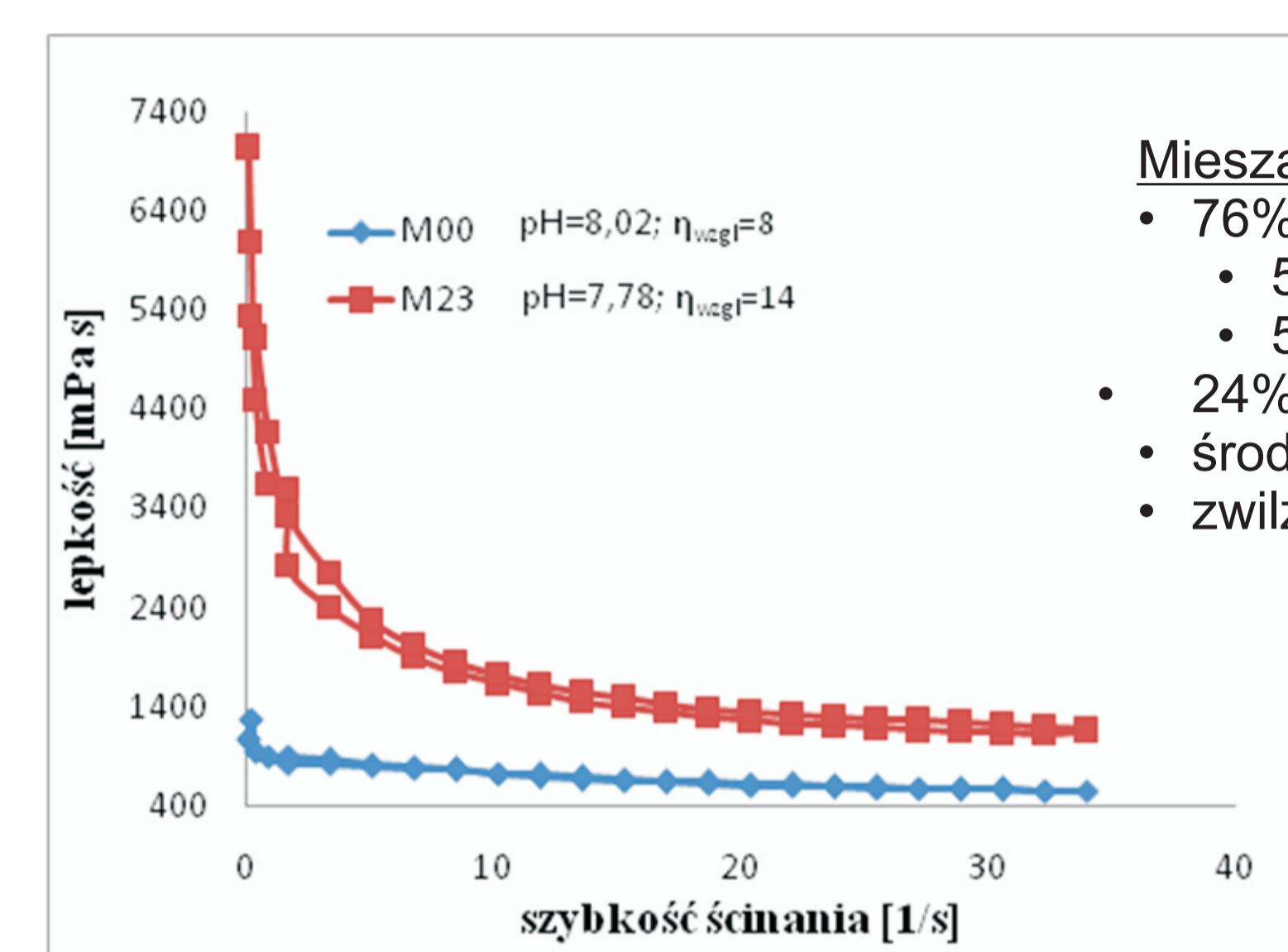
Materiały lotnicze o zaawansowanej strukturze (monokryształ, krystalizacja kierunkowa)

Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Śląska

Wyniki badań

Opracowano założenia techniczno-technologiczne wytwarzania odlewniczych form ceramicznych do odlewania monokryształicznych rdzeniowych elementów konstrukcyjnych dla przemysłu lotniczego (Politechnika Warszawska)

- określono skład chemiczny, ziarnistość i objętość względną proszków ceramicznych (Al_2O_3 , ZrO_2 , $ZrSiO_4$) na warstwy przyrodowe i warstwy „backup” form,
- dobrano spoiwo i określono jego właściwości.

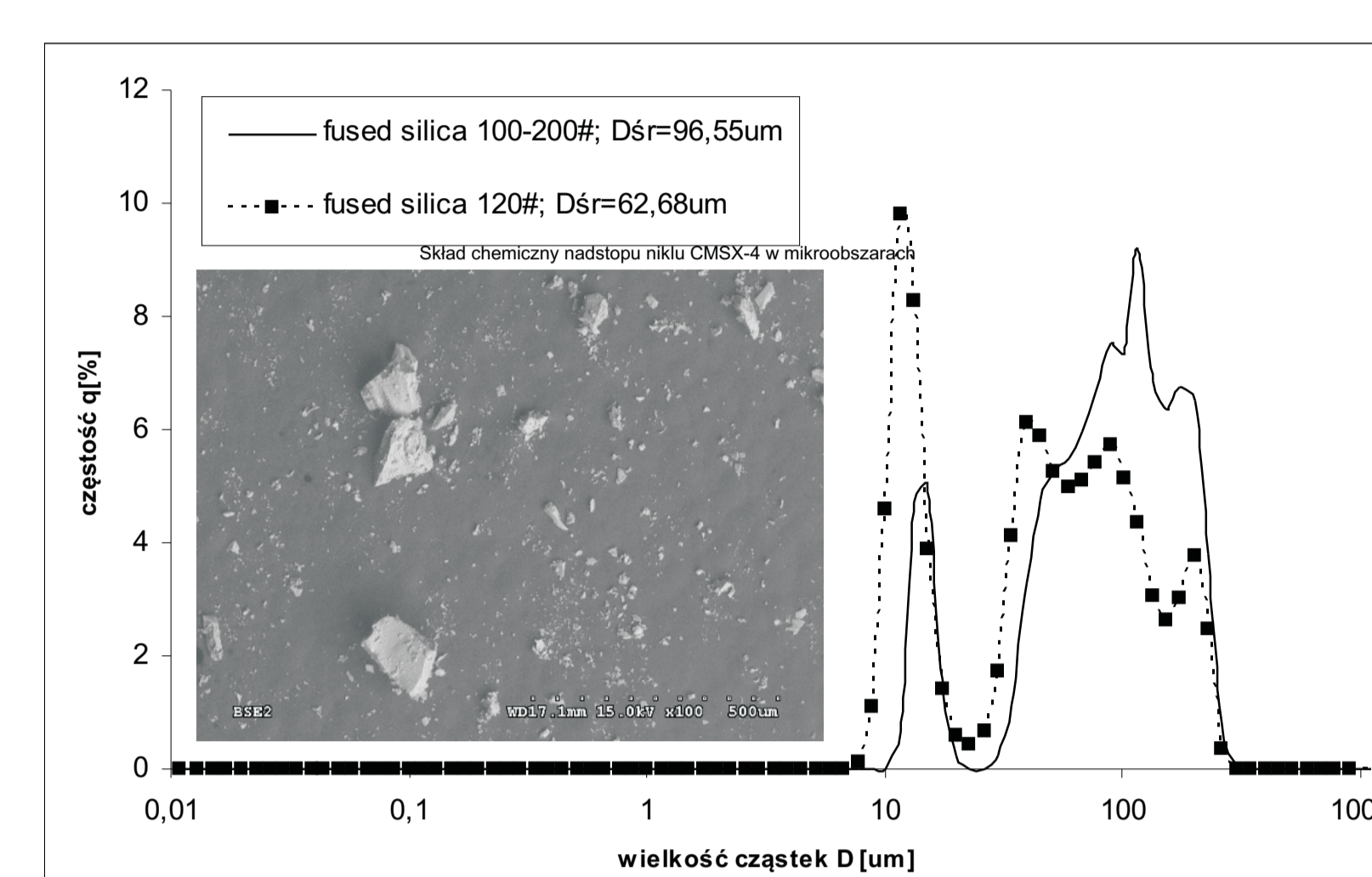


Mieszanka podstawowa dla form:

- 76% wag. fazy stałej
 - 50% wag. proszek Al_2O_3 #200,
 - 50% wag. proszek Al_2O_3 #325,
- 24% wag. spoiwo Ludox AM,
- środki antyepienne (0,1% obj),
- zwilżacz – (0,1% obj).

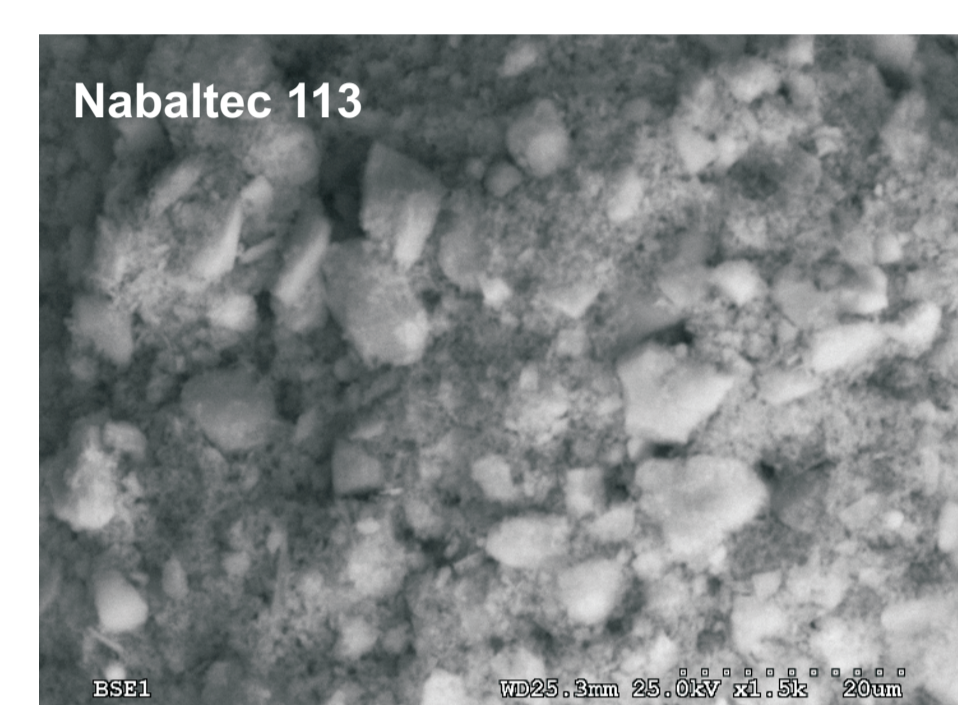
Próbka	Skład fazowy metodą dyfrakcji rentgenowskiej	
	jakościowy	ilościowy, %wag.
Rdzeń K-150	Faza amorficzna $\alpha-Al_2O_3$, korund SiO_2 - krystalalit	79,2 ± 0,2 16,9 ± 0,1 3,9 ± 0,1

Scharakteryzowano skład chemiczny, fazowy, strukturę i uziarnienie wytypowanych proszków ceramicznych, wypełniaczy i posypek do wytwarzania wielowarstwowych form ceramicznych i rdzeni.

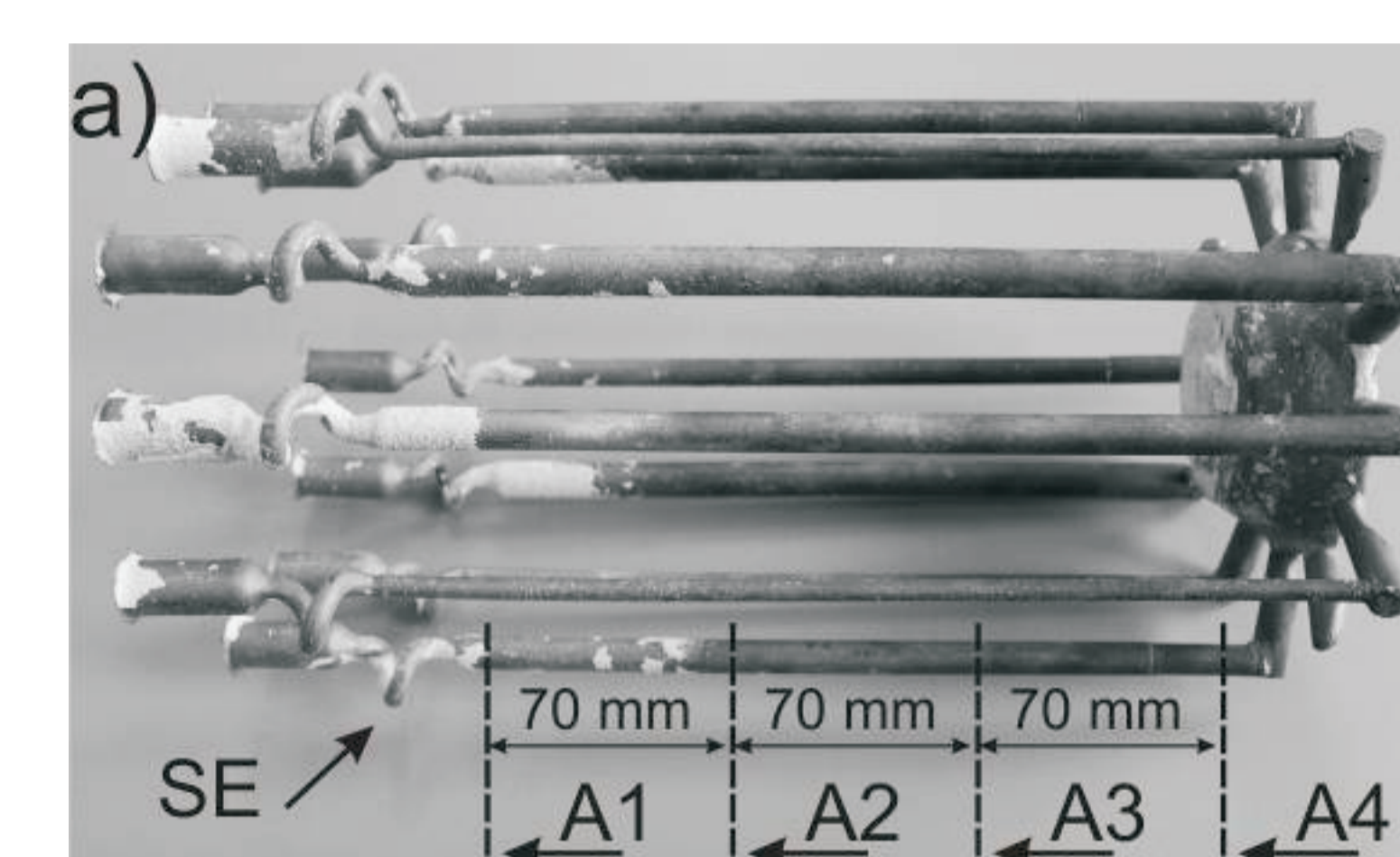


Próbka	SiO2-120#	SiO2-100-200#
SiO2	99,831	99,856
Al2O3	0,022	0,018
Fe2O3	0,033	0,022
MgO	0,057	0,051
CaO	0,085	0,065
Na2O	0,019	0,033
P2O5	0,011	0,009
SO3	0,067	0,053
BaO	0,023	0,014
Suma	100,148	100,121

% mas.	Krzemian cyrkonu ZrSiO4
SiO2	30,56
Al2O3	Poniżej poziomu oznaczenia XRF
Fe2O3	0,31
CaO	0,18
MgO	0,07
K2O	Poniżej poziomu oznaczenia XRF
Na2O	0,17
ZrO2	64,48
HfO2	1,28
Y2O3	0,18
Zn	0,013
Mn	0,009

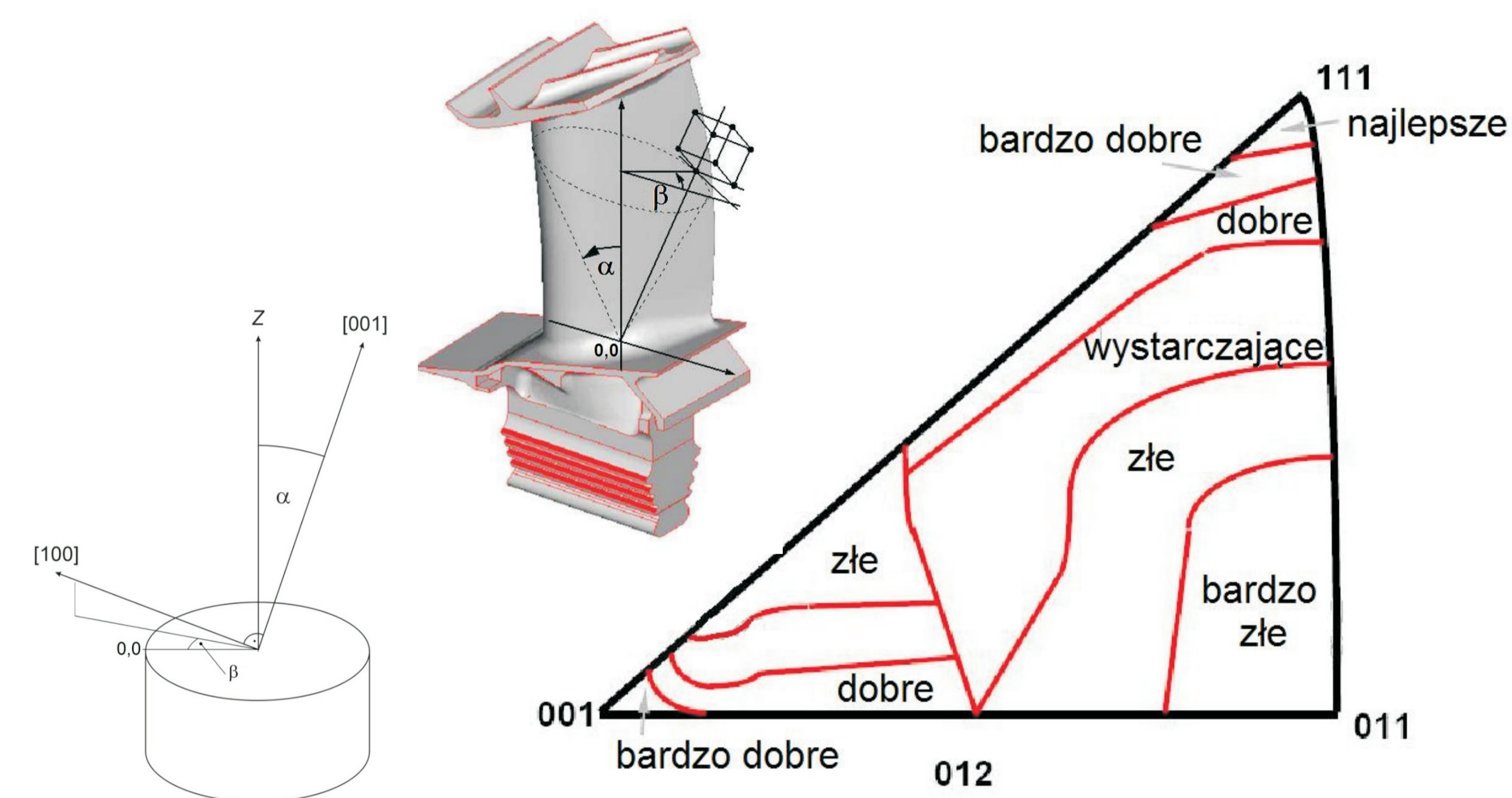


Monokryształiczne odlewy doświadczalne do określenia metodyki oceny doskonałości monokryształów



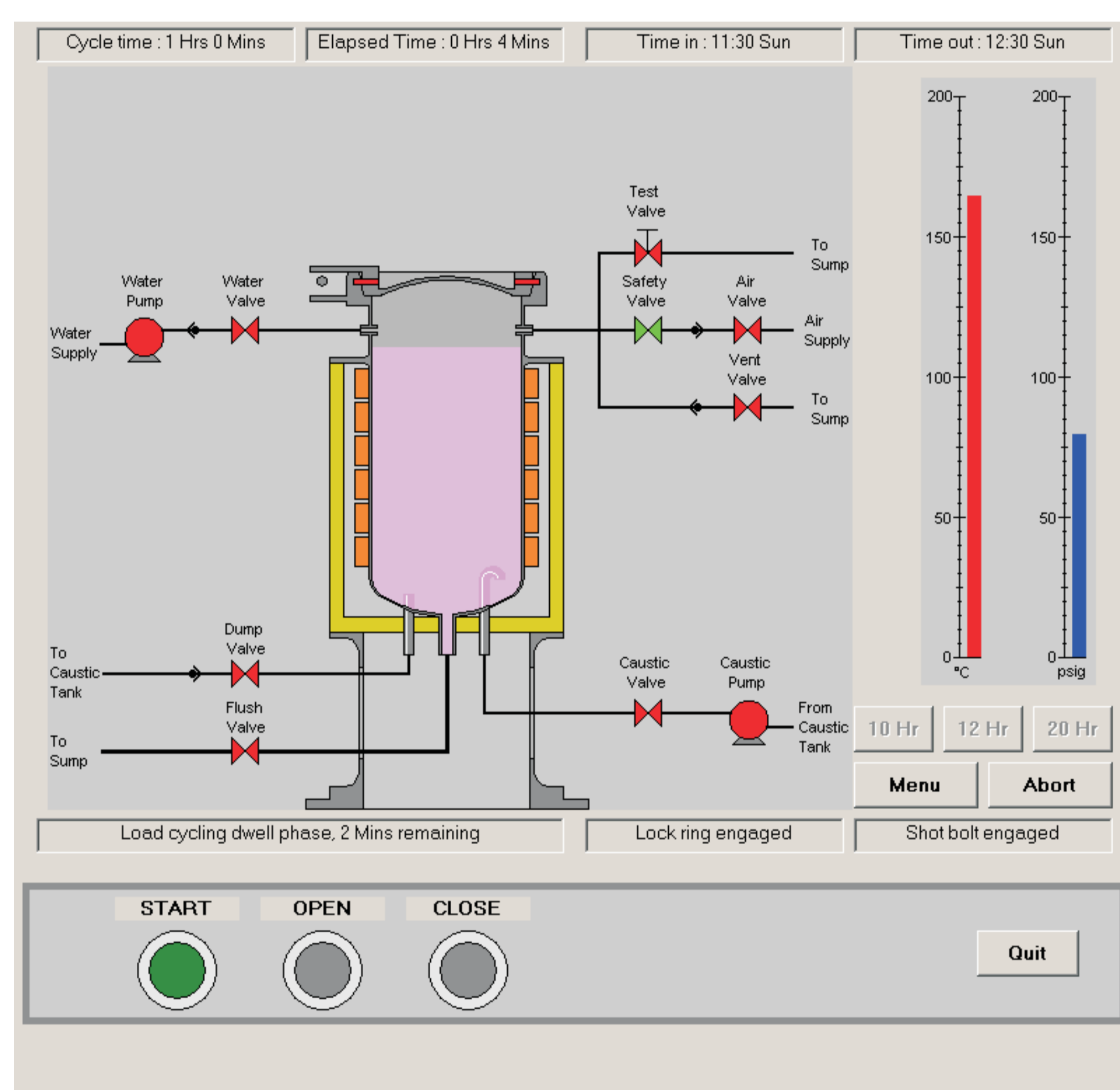
Próbka	$\alpha \pm 1^\circ$	$\beta \pm 1^\circ$	Próbka	$\alpha \pm 1^\circ$	$\beta \pm 1^\circ$
A1	4,5°	+5,0°	B1	33,2°	+21,0°
A2	4,5°	+10,0°	B2	32,5°	+15,0°
A3	5,0°	+16,0°	B3	28,1°	+16,0°
A4	6,0°	+78,0°	B4	29,7°	+43,0°

Kąty odchylenia osi krystalicznych dla prętów monokryształowych przy prędkości krystalizacji $v=3\text{mm/min}$ Kąty odchylenia osi krystalicznych dla prętów monokryształowych przy prędkości krystalizacji $v=4\text{mm/min}$



Zależności między orientacją krystaliczną, a właściwościami (odpornością na pelzanie) monokryształowego nadstopu CMSX-4

Opracowano założenia techniczno-technologiczne wytwarzania rdzeni do odlewania monokryształicznych rdzeniowych elementów konstrukcyjnych dla przemysłu lotniczego (Politechnika Warszawska)



Schemat procesu wymywania rdzeni ceramicznych

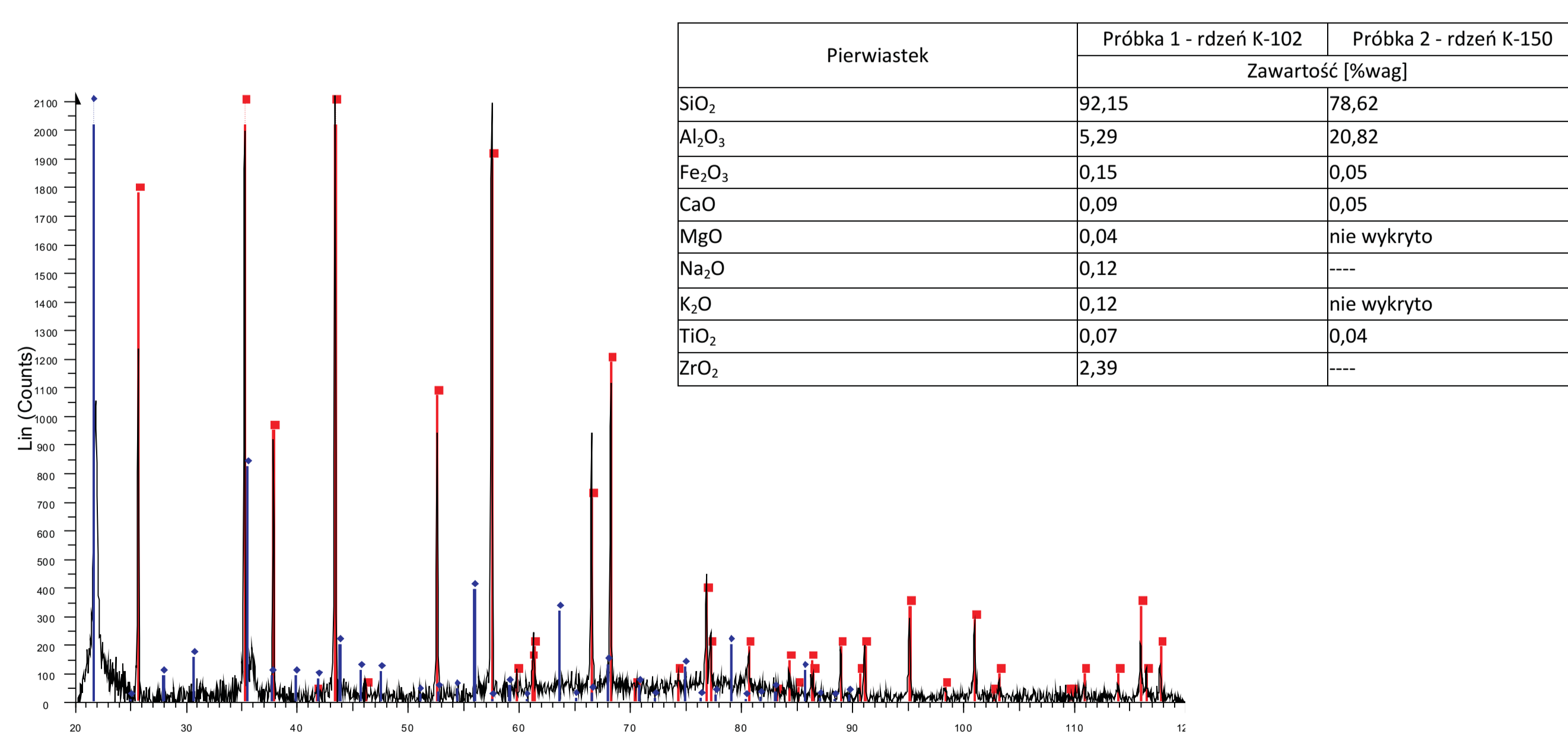
Mieszanka podstawowa dla rdzeni:

- 35% fused SiO_2 (-120#)
- 35% fused SiO_2 (-325#)
- 10% zircon (-325#)
- 10% High MPt wok
- 10% Low MPt wok

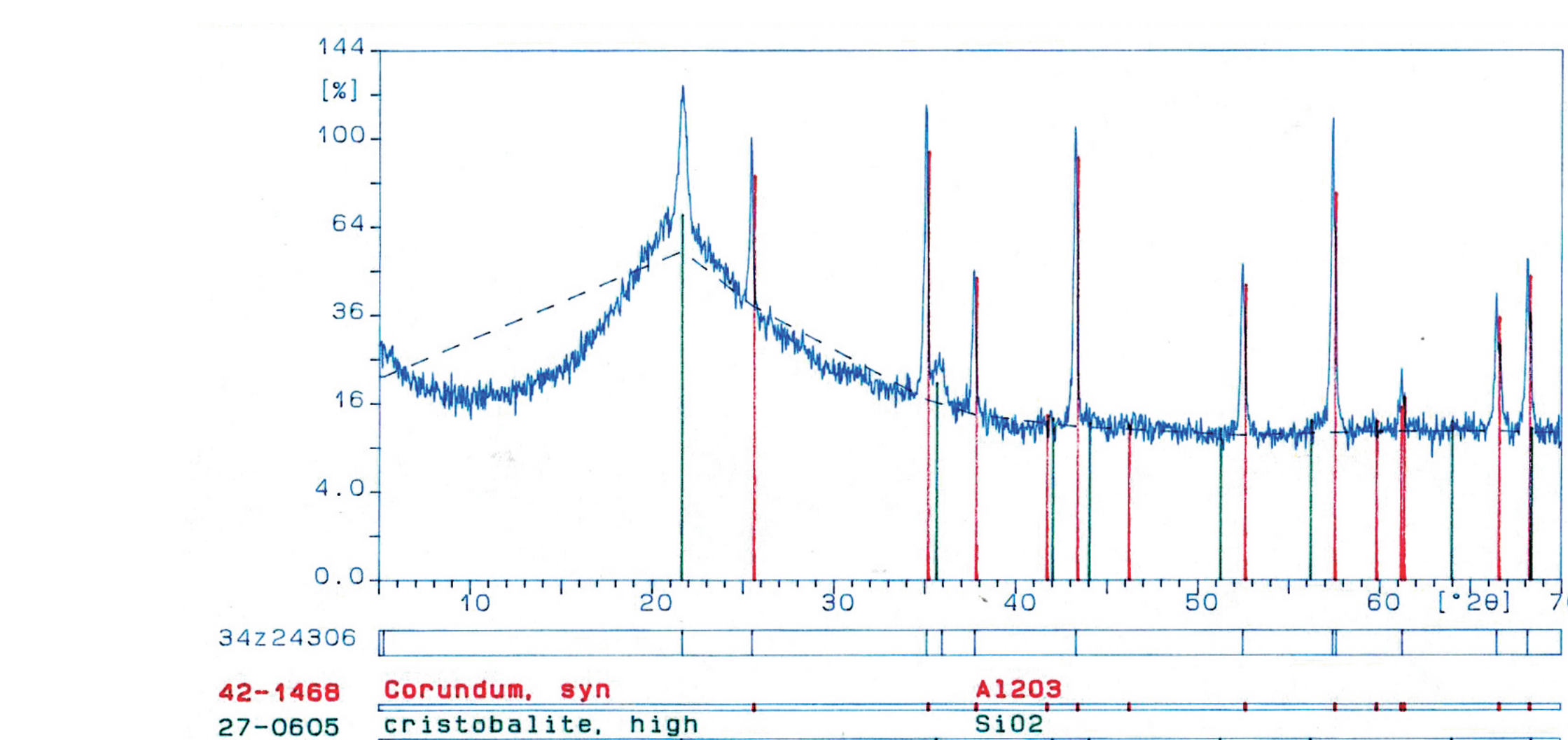
Badania składu chemicznego i fazowego rdzeni ceramicznych

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono:

- materiał rdzenia K – 102 stanowi mieszanina tlenków SiO_2 (78,62%) i Al_2O_3 (20,82%),
- zawartość zanieczyszczeń w rdzeniu K – 102 (tlenków żelaza, wapnia i tytanu) nie przekracza 0,05%,
- materiał rdzenia K-150 stanowi mieszanina tlenków SiO_2 (92,15%), Al_2O_3 (5,29%) i ZrO_2 (2,39%),
- zawartość zanieczyszczeń w rdzeniu K – 150 (tlenków żelaza, magnezu, sodu potasu, wapnia i tytanu) wynosi 0,07±0,15%.



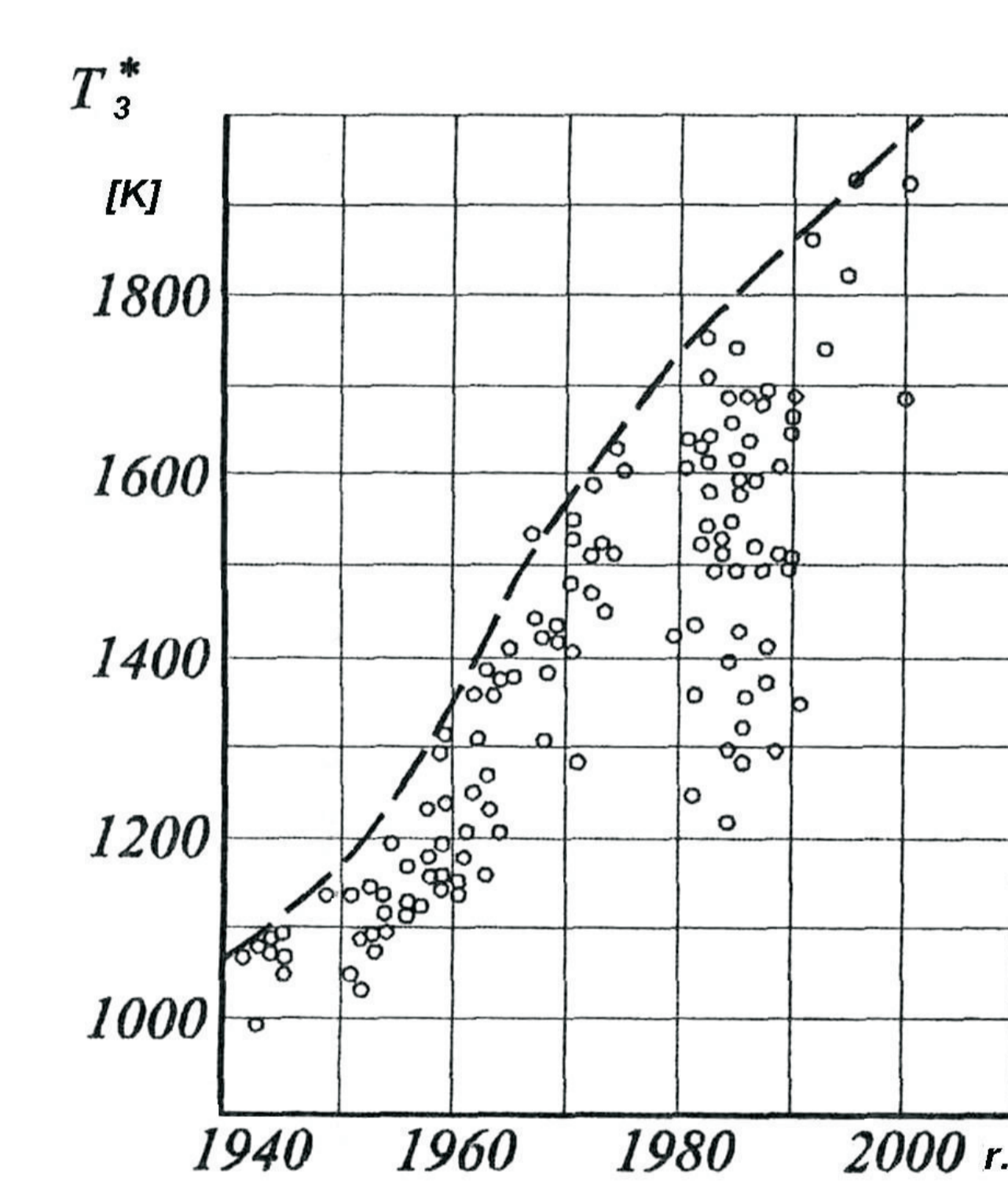
Dyfraktogram w zakresie kątów 20-120° wykorzystany do analizy jakościowej



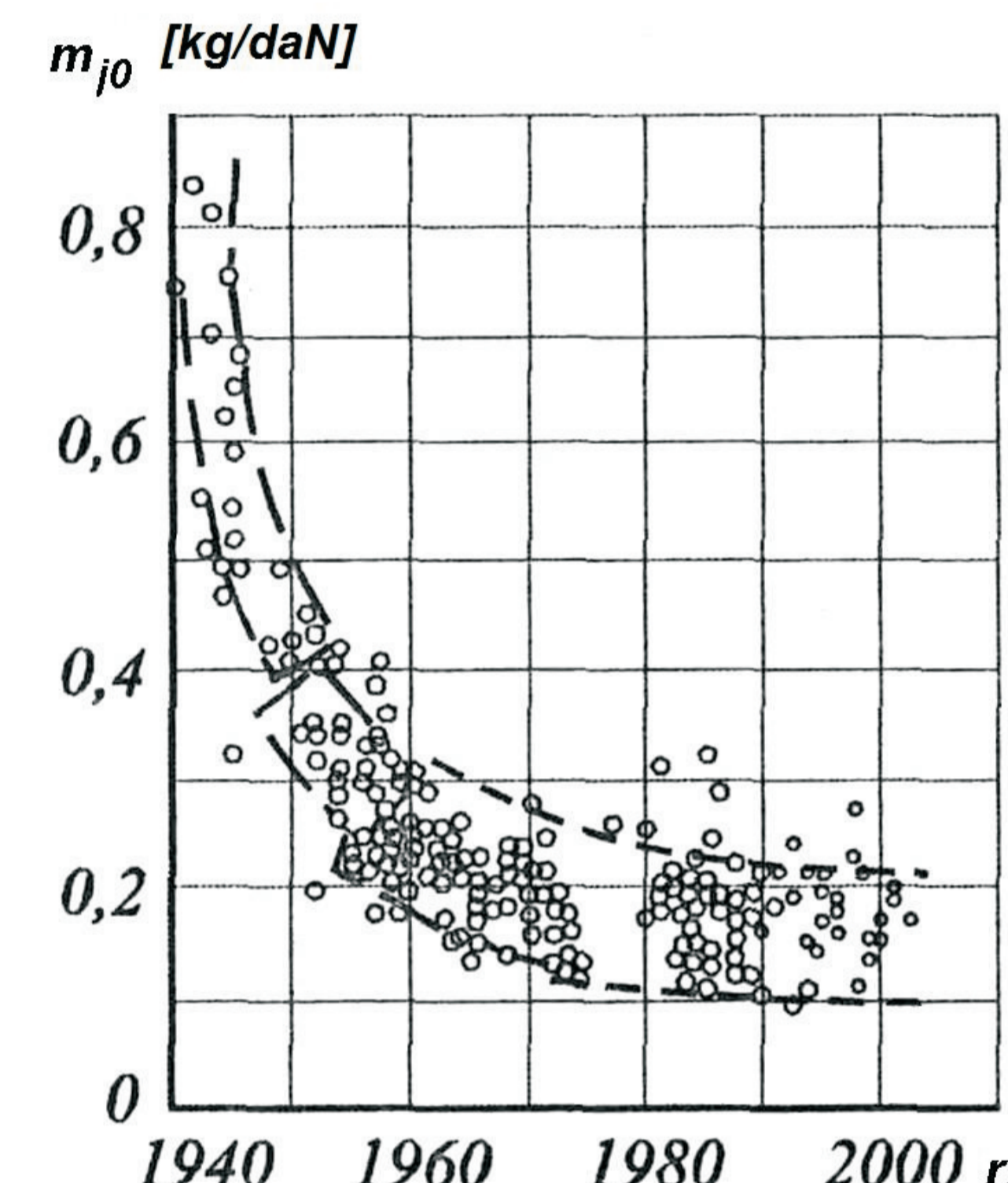
Fragment dyfraktogramu w zakresie kątów 0-70° wykorzystany do analizy ilościowej

Opracowano założenia i kryteria konstrukcyjne rdzeniowych monokryształicznych odlewów elementów konstrukcyjnych dla przemysłu lotniczego (Politechnika Rzeszowska)

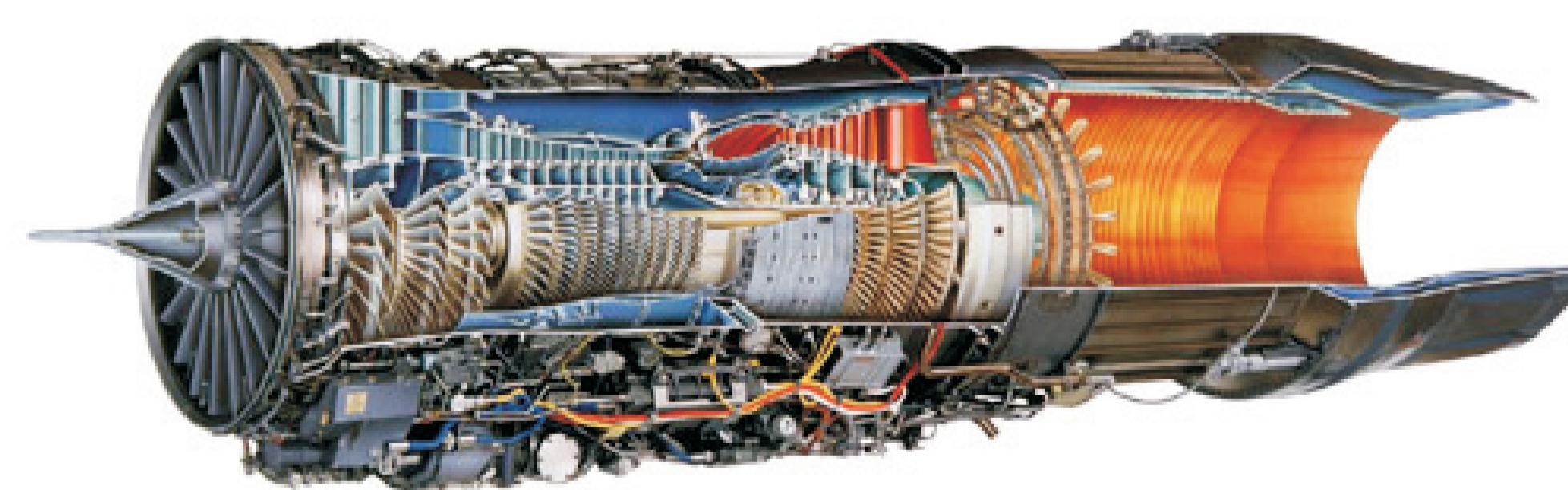
- Określono kryteria stosowania odlewów monokryształicznych w silnikach lotniczych
- Określono krytyczne warunki pracy elementów monokryształicznych w silnikach lotniczych
- Zasadniczy wpływ na efektywność lotniczych silników turbinowych mają parametry obiegu tj. spręż sprężarki oraz temperatura spiętrzenia spalin przed turbiną.



Tendencje rozwojowe temperatury spiętrzenia spalin przed turbiną w warunkach startowych statycznych na ziemi.



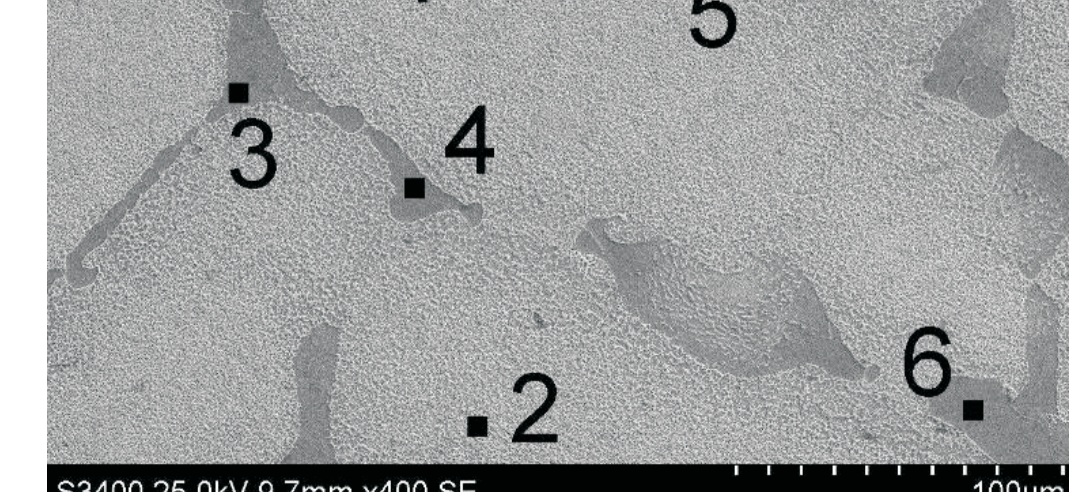
Tendencje rozwojowe masy jednostkowej silnika w warunkach startowych statycznych na ziemi.



Silnik F100-PW-229 (stosowany w F-16A)

Skład chemiczny nadstopu niklu CMSX-4 wybranego do wytwarzania monokryształicznych elementów silników lotniczych

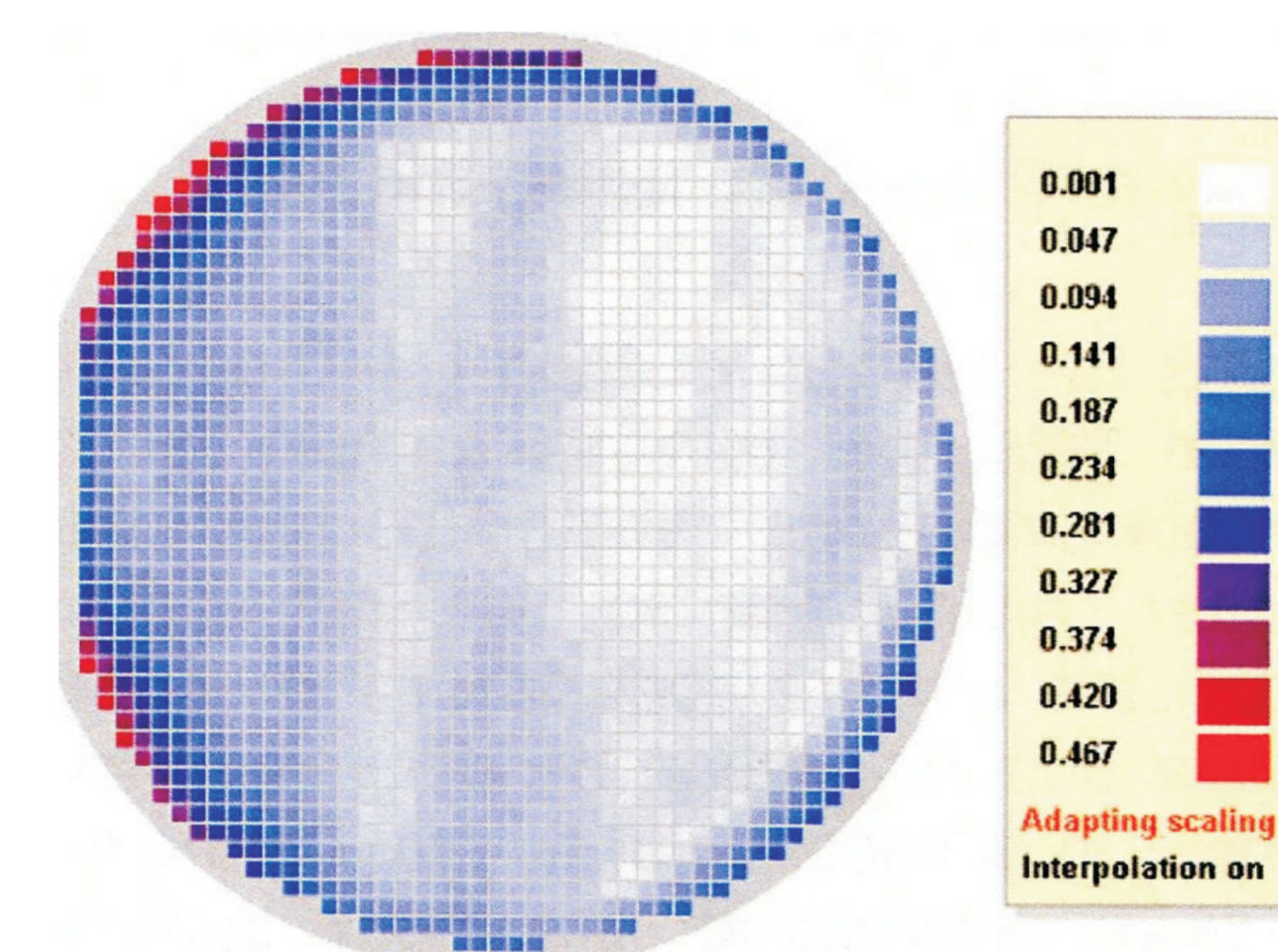
Zawartość pierwiastków, % mas	
Cr	6,5
Co	9,0
Mo	0,6
Al	5,6
Ti	1,0
Ta	6,5
Hf	0,1
Re	3,0
Ni	Osnowa



Mikrostruktura nadstopu CMSX-4

Skład chemiczny nadstopu niklu CMSX-4 w mikroobszarach

Pierwiastek	Zawartość pierwiastka, % mas, w mikroobszarach					
Al	6,07	6,49	8,63	9,44	8,23	8,61
Ti	1,08	1,09	0,99	0,78	0,77	0,97
Cr	6,95	7,69	4,01	4,58	3,36	3,73
Co	10,70	11,78	9,07	9,47	8,67	8,19
Ni	66,33	65,59	72,75	71,60	74,62	73,16
Ta	8,86	7,37	3,24	3,03	3,04	3,83

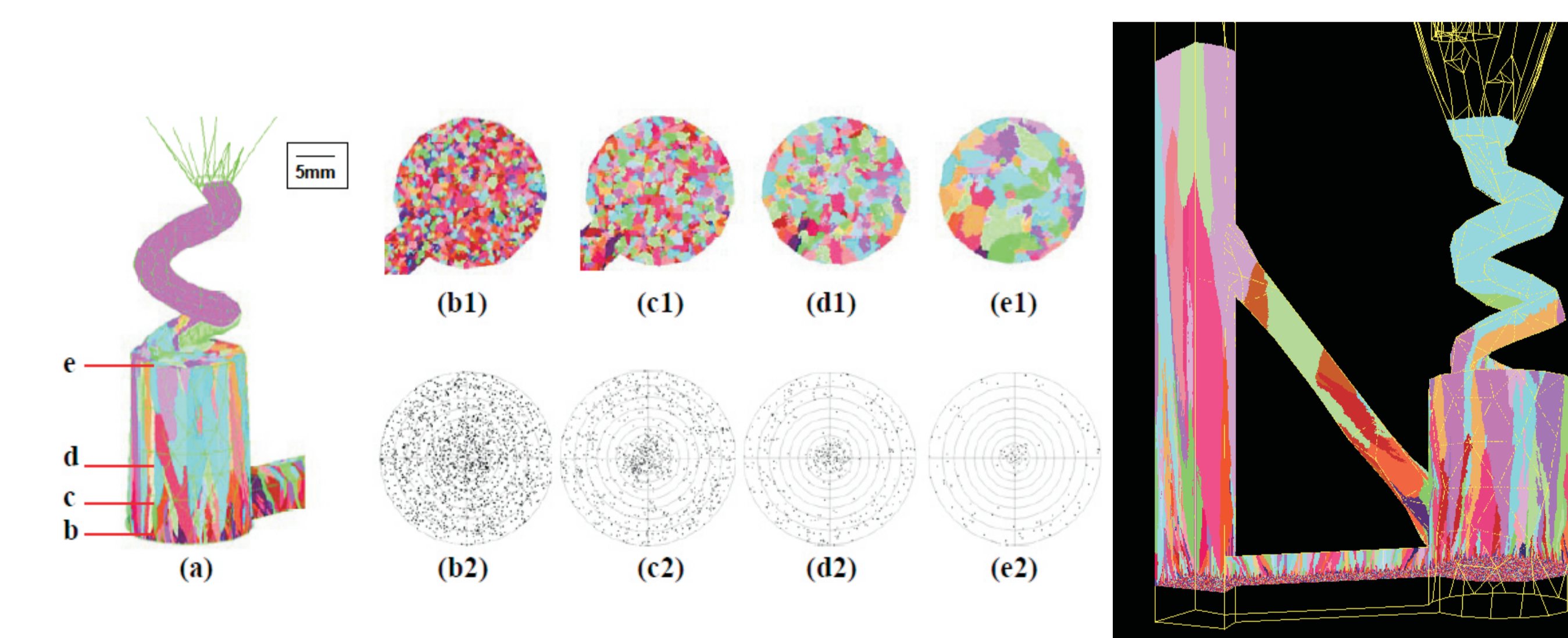


Wyniki badań dyfrakcyjnych dla pręta – rozkład (mapa) orientacji



Symulacja numeryczna procesu zalewania, krzepnięcia i krystalizacji rdzeniowych odlewów elementów konstrukcyjnych dla przemysłu lotniczego (PRz):

- konfiguracja programu do symulacji odlewania
- określenie warunków brzegowych procesu (właściwości stopu, rdzenia i formy)



Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty:

- Sozańska M., Michalska J., Chmiela B.: *Metodyka badań strukturalnych form i rdzeni ceramicznych*. Seminarium POIG Zakopane 2009
- Cwajna J., Sozańska M.: *Analiza przyczyn powstawania wad strukturalnych w kierunkowo krystalizujących nadstopach niklu oraz opracowanie metodyki ich badań*. Seminarium POIG Zakopane 2009
- Hetmańczyk M., Sozańska M.: *Metody oceny orientacji ziaren i identyfikacji faz w kierunkowo krystalizujących nadstopach niklu z zastosowaniem spektrometrów EDS i EBSD*. Seminarium POIG Zakopane 2009
- Onyszko A., Bogdanowicz W.: *Tomografia rentgenowska monokryształicznych odlewów z nadstopów niklu*. Seminarium POIG Zakopane 2009
- Staszewski M., Kukiłka T., Michalska J.: *Czynniki wpływające na porowatość gazową i skurczową w kierunkowo krystalizujących odlewach z nadstopów niklu*. Seminarium POIG Zakopane 2009
- Hetmańczyk M., Rzychoń T.: *Ustalenie warunków metodycznych otrzymywania powtarzalnych wyników oceny składu fazowego nadstopów niklu metodą Rietvelde*. Seminarium POIG Zakopane 2009