

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

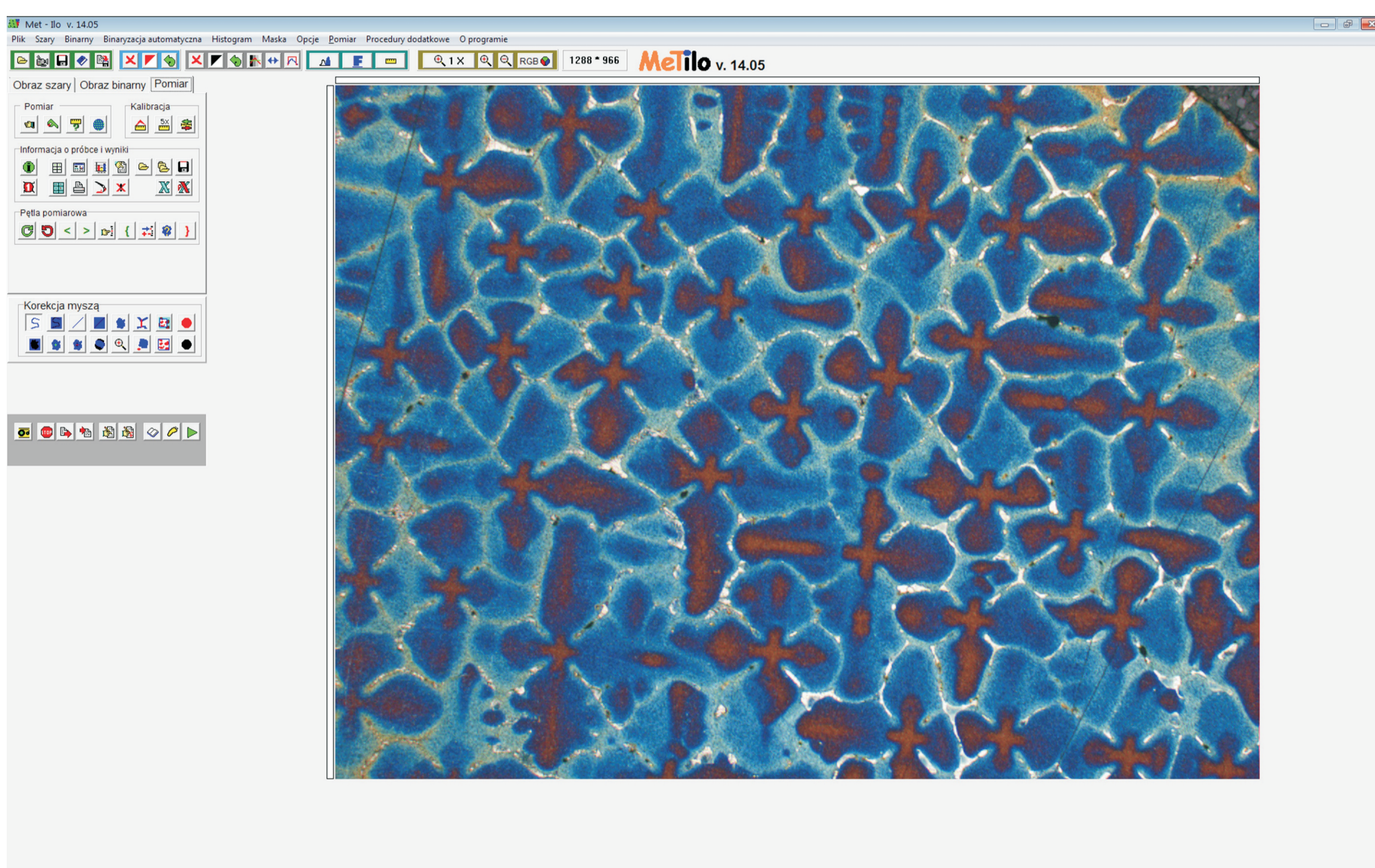
## Odlewanie precyzyjne stopów Ni na krytyczne części silników lotniczych

### Precision casting of Ni alloys on critical parts of aircraft engines

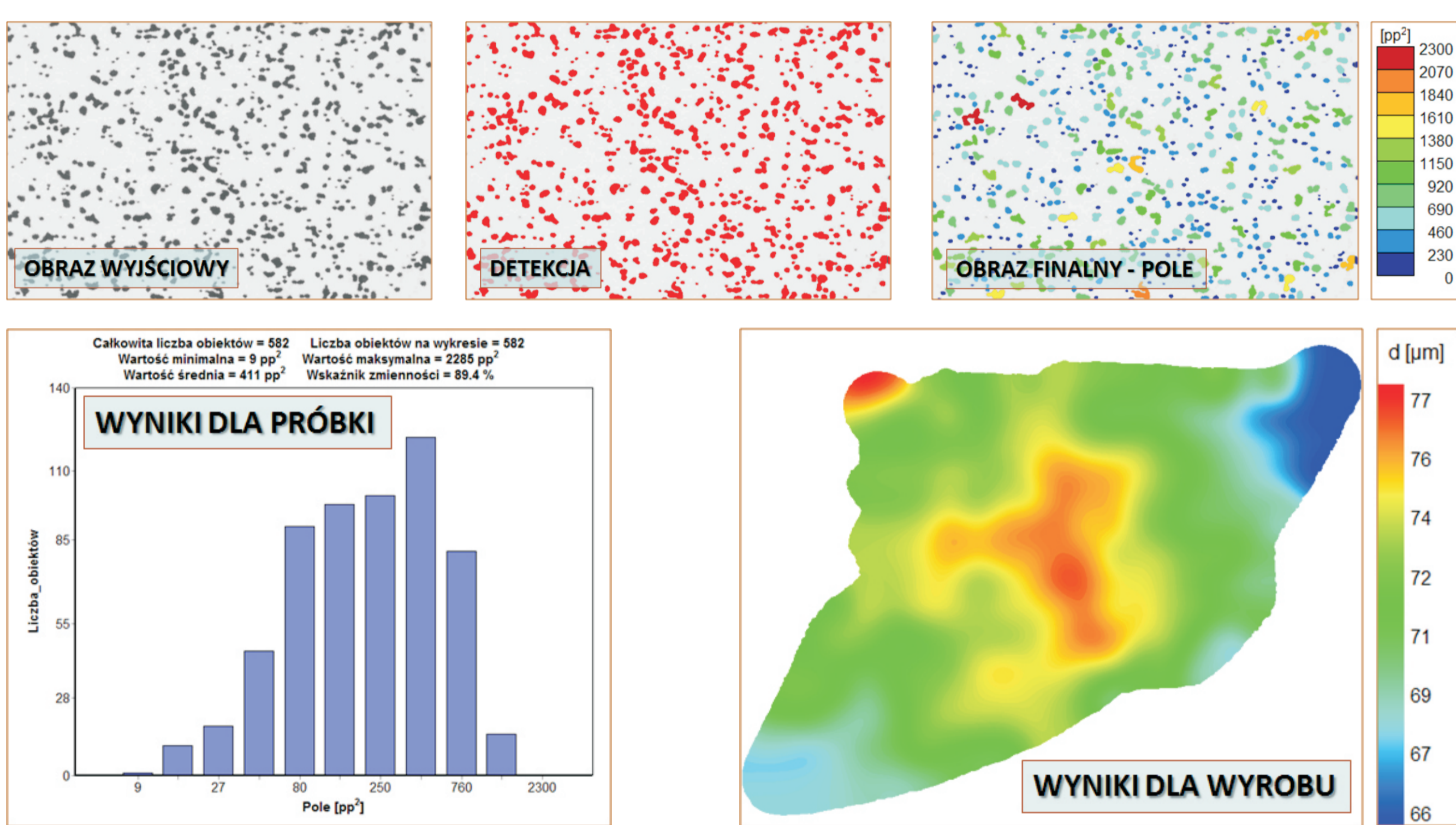
Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska

Wybrane narzędzia stosowane do ilościowej oceny struktury nadstopów niklu na krytyczne części silników lotniczych  
Chosen tools used in quantitative evaluation of the structure of nickel superalloys on critical parts of aircraft engines

Met-Ilo - program do metalografii ilościowej  
Met-Ilo - software for quantitative metallography



Okno główne programu Met-Ilo  
Main window of Met-Ilo software



Idea ilościowej oceny struktury za pomocą programu Met-Ilo  
The idea of quantitative evaluation of the structure using Met-Ilo software

Charakterystyka programu  
Characteristics of the software

- pracuje pod systemem Windows,
- analiza obrazów zapisanych w formacie bmp, tiff, jpeg, psref, grey, czy o maksymalnym rozmiarze 2048\*1600 pikseli,
- manualna oraz automatyczna detekcja obiektów na podstawie poziomu szarości,
- pomiar metodą powierzchniową i liniową - standardowo wyznaczane są 24 parametry,
- specjalistyczne moduły pomiarowe.
- runs under Windows system,
- analysis of the images saved in bmp, tiff, jpeg, psref, gray, czy formats with a maximum size of 2048 \* 1600 pixels,
- manual and automatic detection of objects based on gray level,
- areal and linear measurement methods - standardly 24 parameters are determined, specialist measurement modules.

Moduły opracowane w ramach projektu  
Modules worked out within framework of the project:

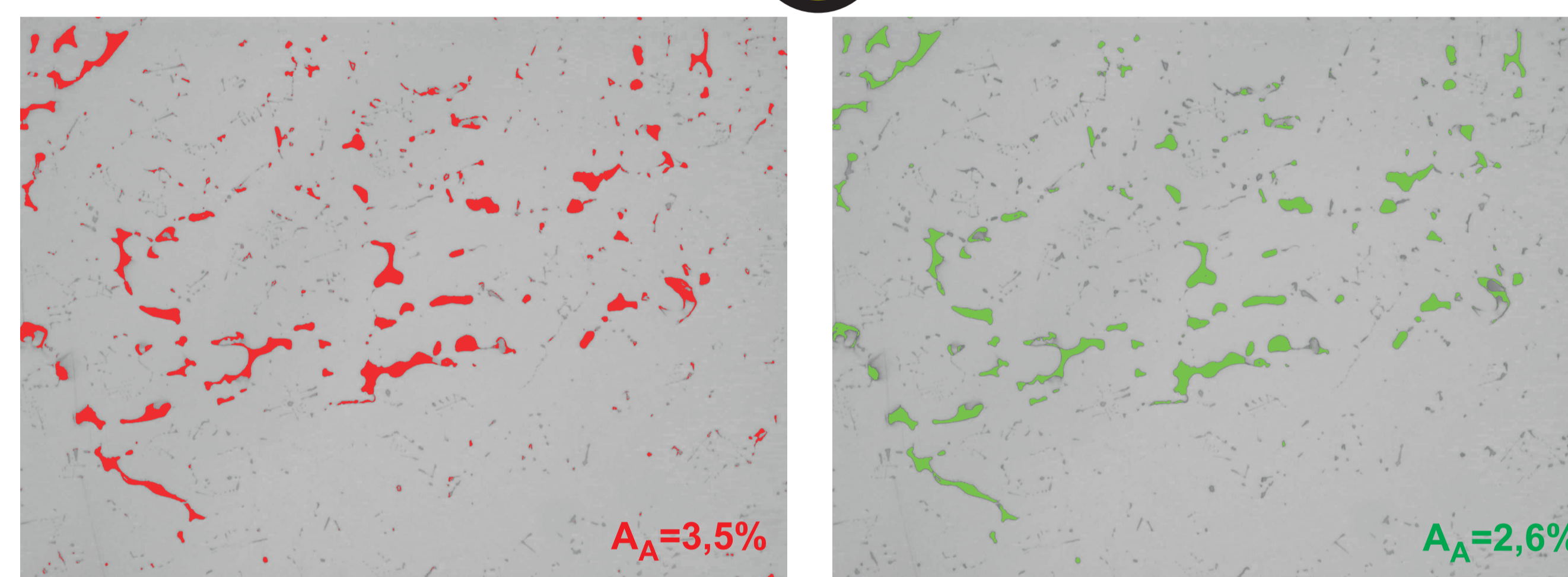
- analizy obrazów kolorowych,
- ilościowej oceny porowatości
- detekcji wydzieleni fazy  $\gamma'$  oraz jej ilościowej oceny,
- detekcji ramion pierwotnych dendrytów i wyznaczania odległości między nimi,
- kolorowania obiektów w oparciu o wyniki ilościowej oceny struktury.
- analysis of color images quantitative evaluation of porosity,
- detection of  $\gamma'$  phase precipitates and its quantitative evaluation
- detection of primary dendrite arms and determination of the distance between them
- coloring objects based on the results of the quantitative evaluation of the structure
- 'map' procedure for graphical representation of the results of measurements on the cross sections of products of any shape

Wybrane metody pomiaru - porowatość  
Chosen measurement methods - porosity

**Główne problemy przy wyznaczaniu porowatości:**  
poprawna detekcja porów w obecności węglików (1), ich podział na pory gazowe i skurczowe (2) oraz ilościowy opis i graficzna prezentacja niejednorodności porowatości na przekroju badanego wyrobu (3)

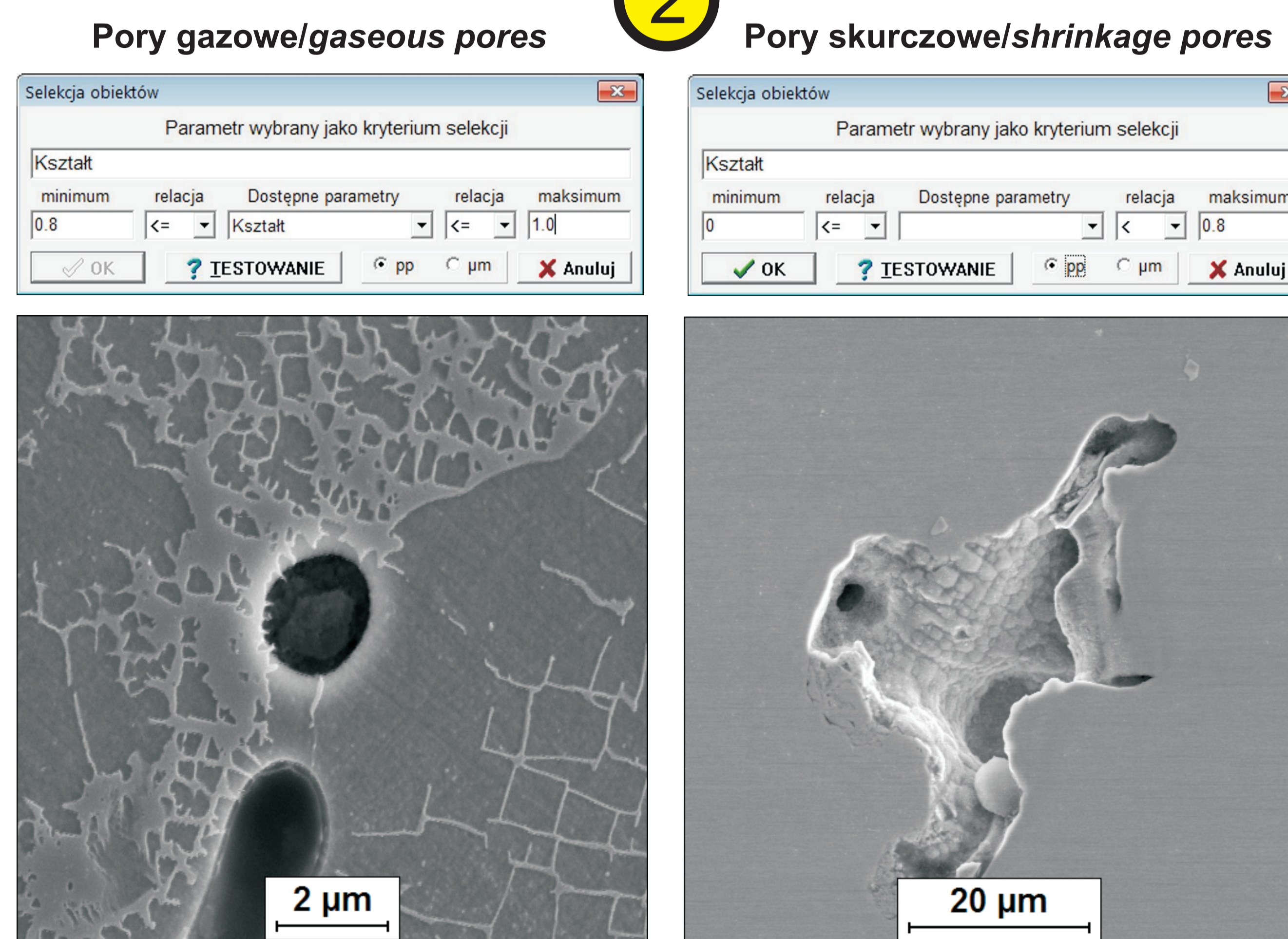
**The main problems with determining of the porosity:**  
correct detection of the pores in the presence of carbides (1), their division into gaseous and shrinkage pores (2) and quantitative description and graphical presentation of the heterogeneity of porosity on the cross section of product (3)

1



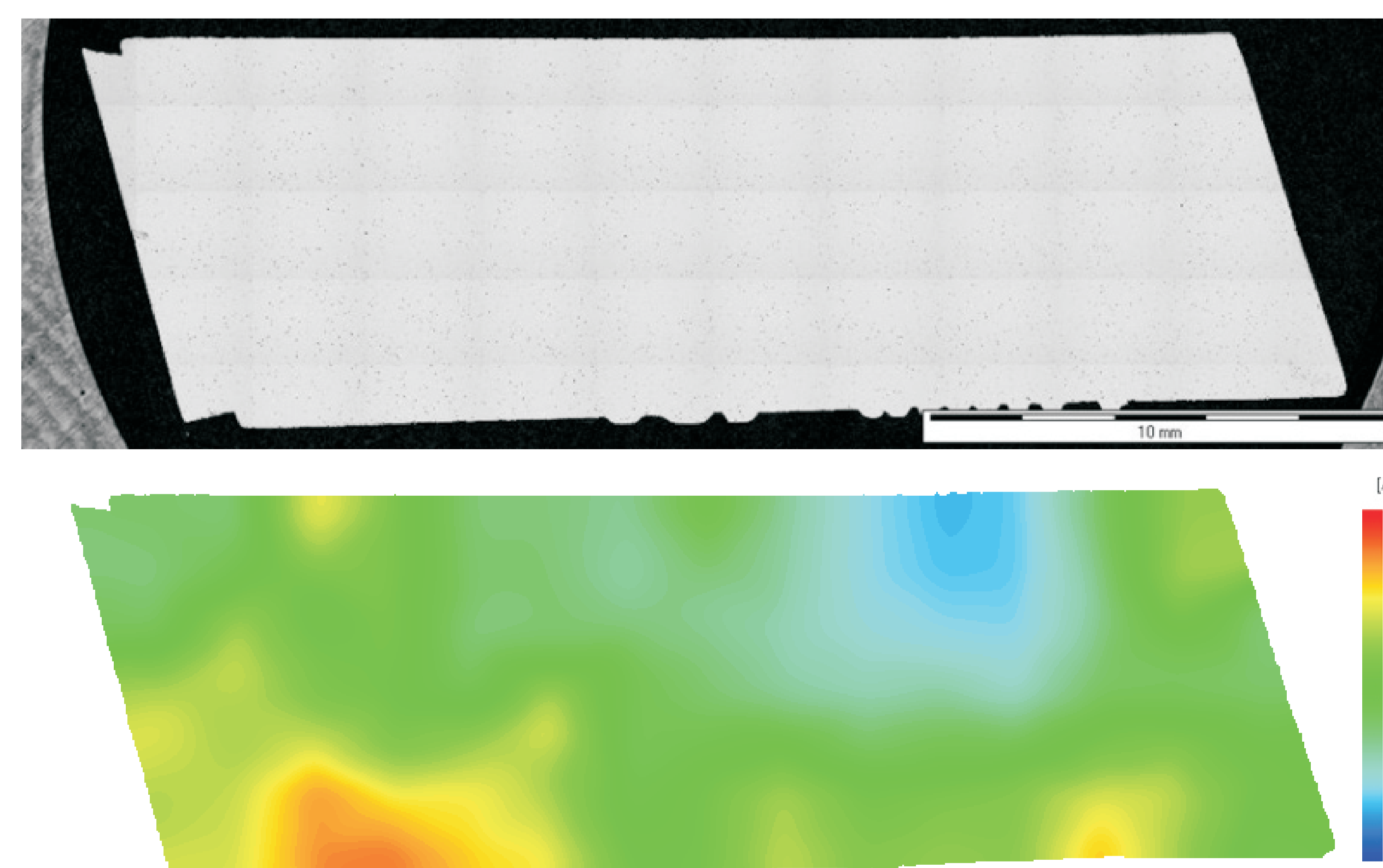
Detekcja porów poprzez klasyczną binaryzację - lewa strona oraz za pomocą własnej specjalistycznej procedury - prawa strona  
Detection of pores through the classical binarization - left side and using the specialist own procedure - right side

2



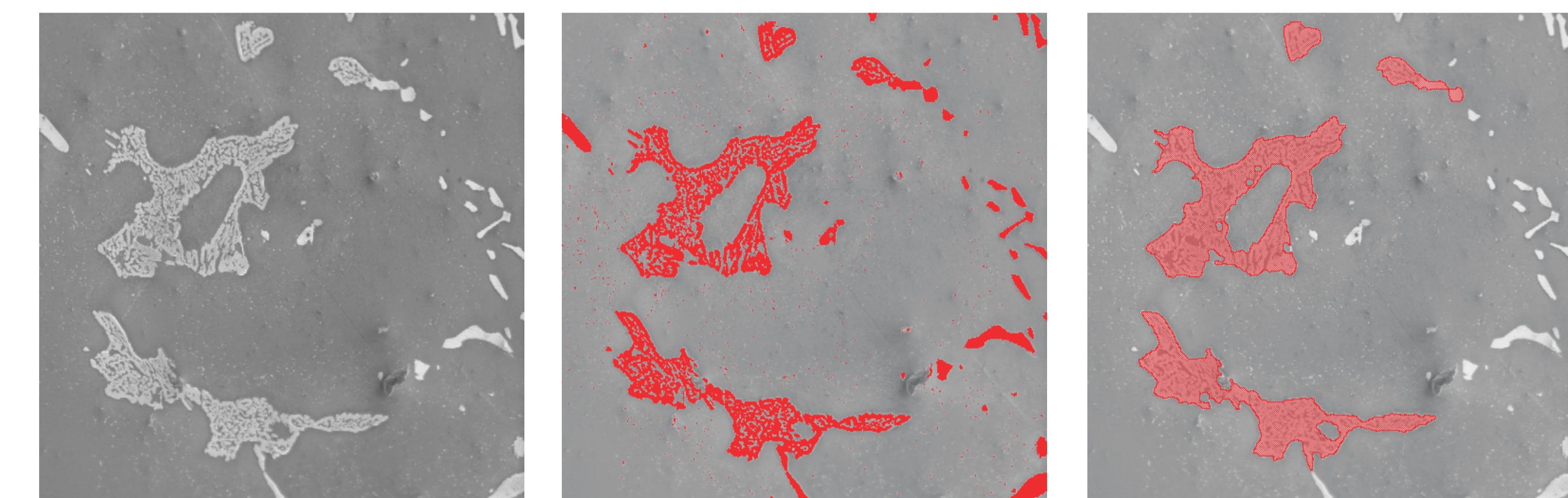
Selekcja porów według mechanizmu ich powstawania  
Selection of the pores according to their formation mechanism

3



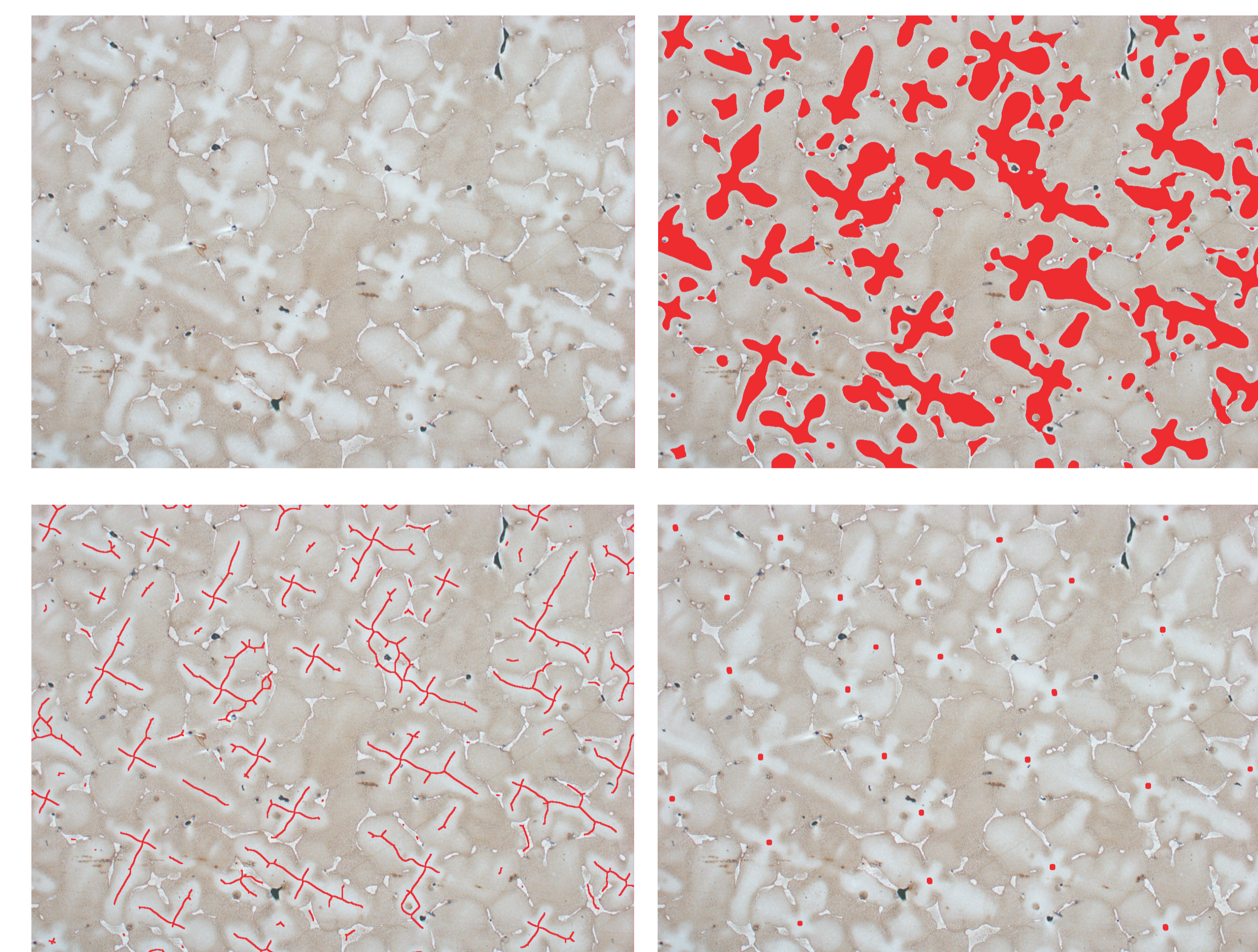
Niejednorodność porowatości na przekroju wyrobu.  
Inhomogeneity of the porosity on the product cross-section.

Wybrane metody pomiaru - selektywna detekcja obszarów eutektycznych  
Chosen measurement methods selective detection of eutectic regions

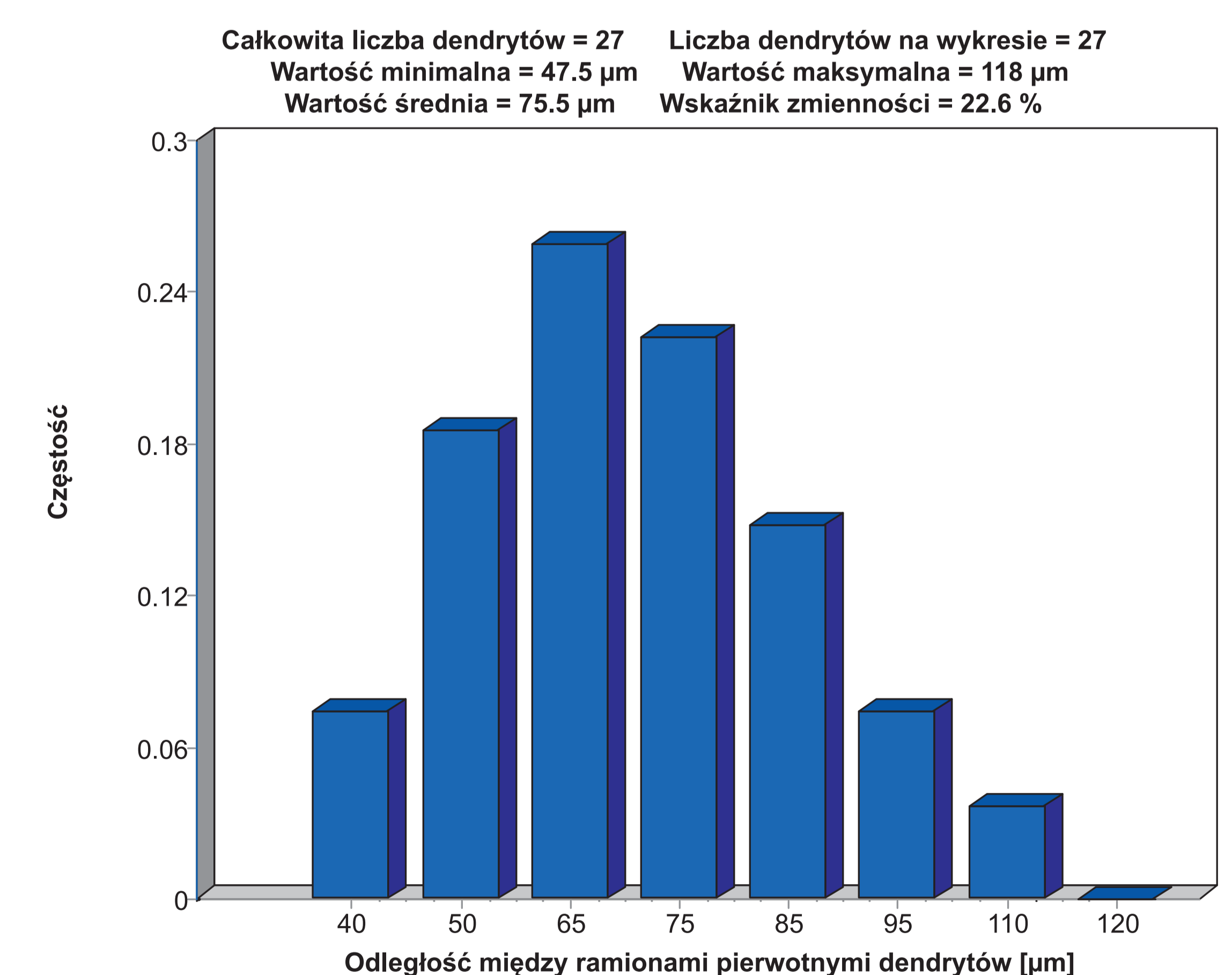


Obraz wyjściowy (lewa strona), węgliki wydetekowane za pomocą klasycznej binaryzacji (środek), obszary eutektyczne ujawnione przy użyciu własnej metody (prawa strona)  
The original image (left), carbide particles detected using the classical binarization (center), eutectics revealed with the own method (right)

Wybrane metody pomiaru - detekcja ramion pierwotnych dendrytów  
Chosen measurement methods - detection of primary dendrite arm



Najważniejsze etapy procedury detekcji rdzeni ramion pierwotnych dendrytów  
The main steps of the procedure of detection of primary dendrite arm cores



Histogram przedstawiający odległość między pierwotnymi ramionami dendrytów wyznaczoną dla próbki przedstawionej powyżej.  
Histogram showing the primary dendritic arm spacing determined for the sample shown above.

Dodatkowo opracowano moduły dla autorskich programów: **Zapis profilu, Pomiar profilu** oraz **Mapa**.  
For project purposes modules for own softwares (**Zapis profilu, Pomiar profilu and Mapa**) were additionally developed

