

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al - Li) oraz Ti

Plastic forming of aeronautical Al (including Al-Li) and Ti alloys

Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska, Politechnika Częstochowska

Wyniki badań Results

Przeróbka plastyczna wiórów tytanowych metodą KoBo

Plastic Processing of titanium chips by KoBo technique

Cel
Recycling odpadów w postaci wiórów i ich konsolidacja do postaci objętościowego, litego produktu

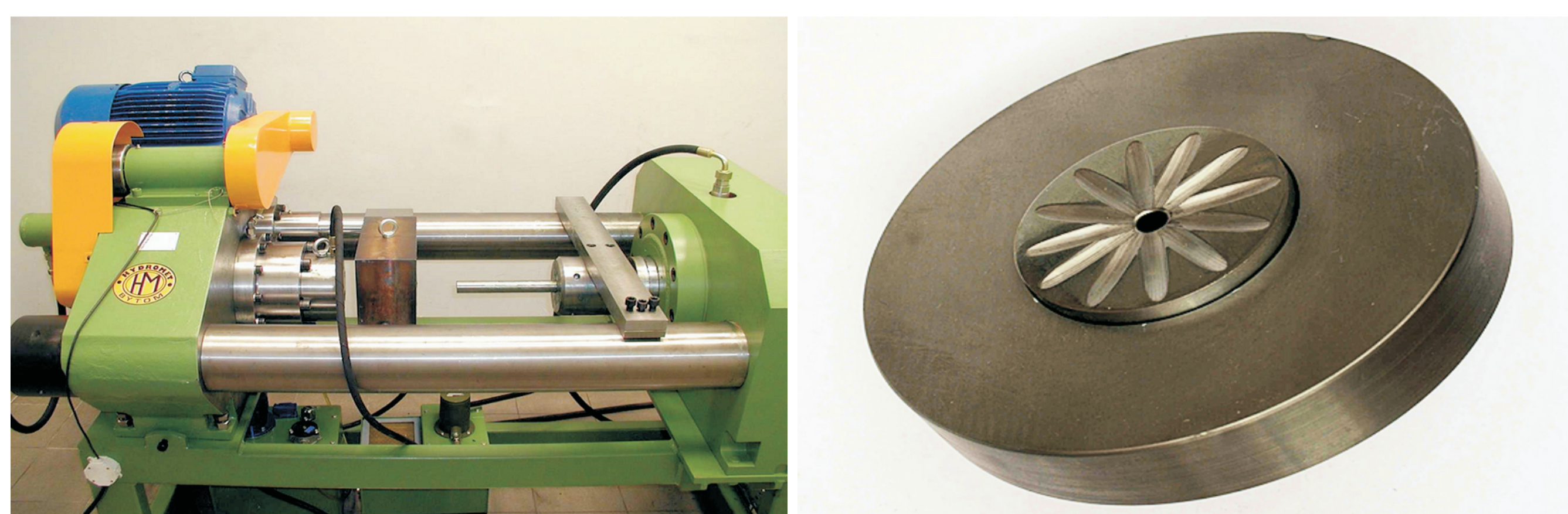
Materiał
technicznie czysty tytan Grade 2 - wióry uzyskane w wyniku toczenia

Metoda
KoBo: wyciskanie współbieżne z cyklicznym obrotem matrycy

Aim of the study
Recycling of titanium chips obtained during machining process; consolidation of the chips into solid, good quality product.

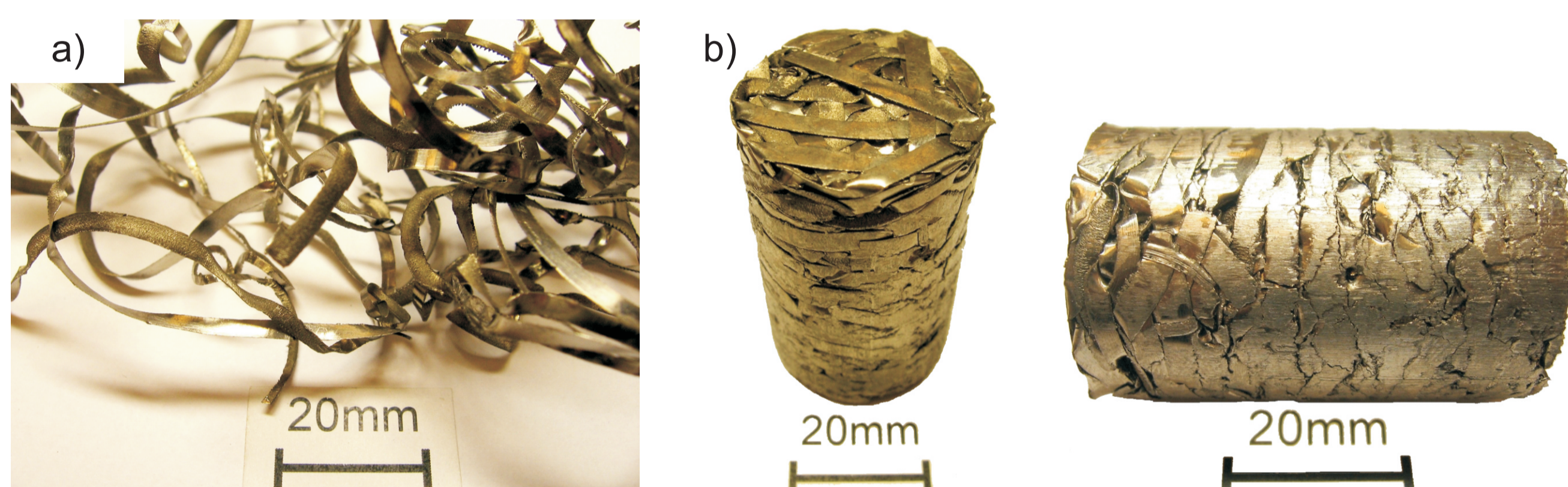
Materials
technically pure titanium Grade 2 - Chips obtained by machining

Method
Kobo: coextrusion with cyclic rotation of die

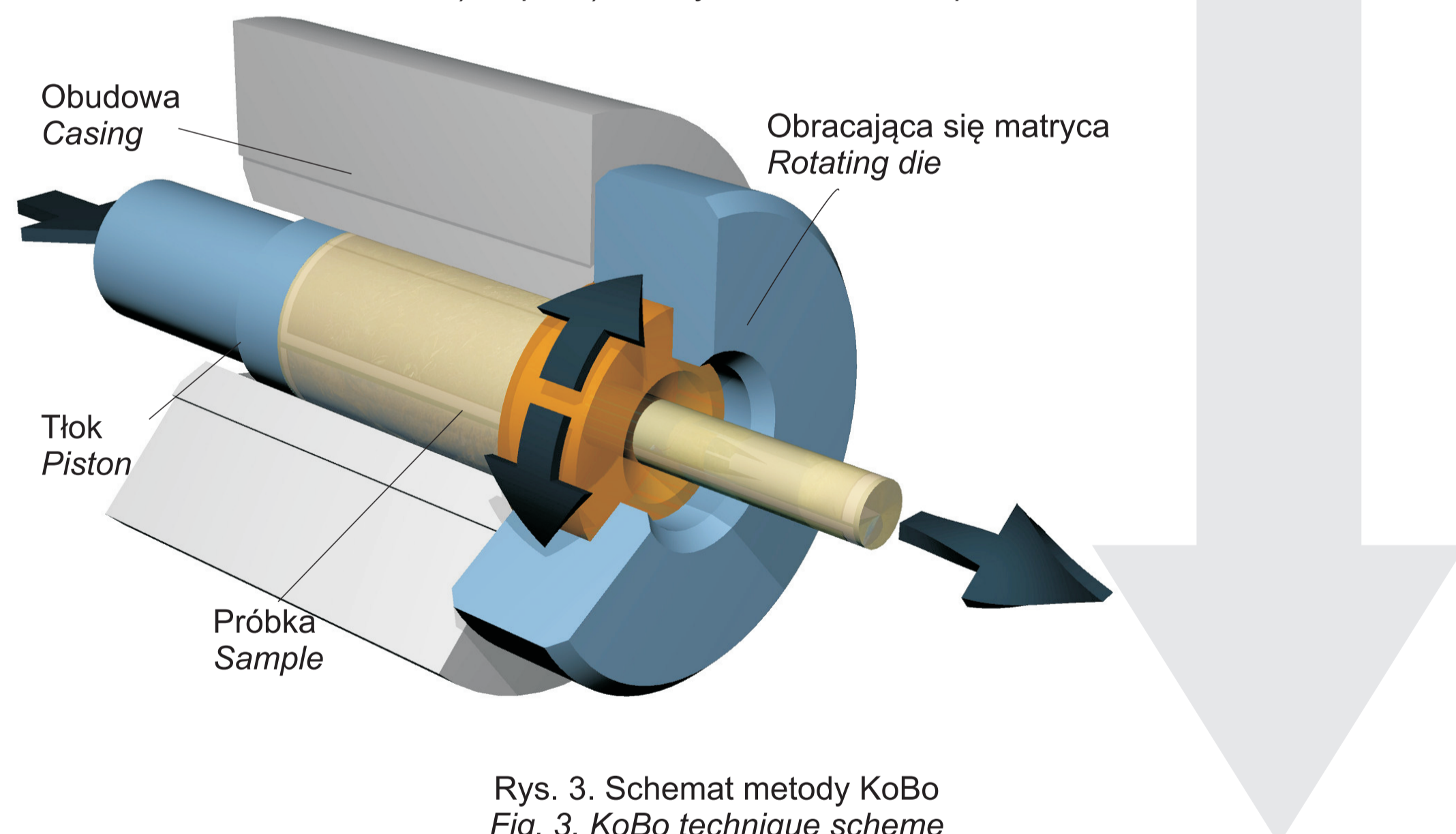


Rys. 1. Stanowisko do przeróbki plastycznej metodą KoBo: prasa oraz matryca, Fig. 1. Pictures of KoBo technique device: press and rotating die

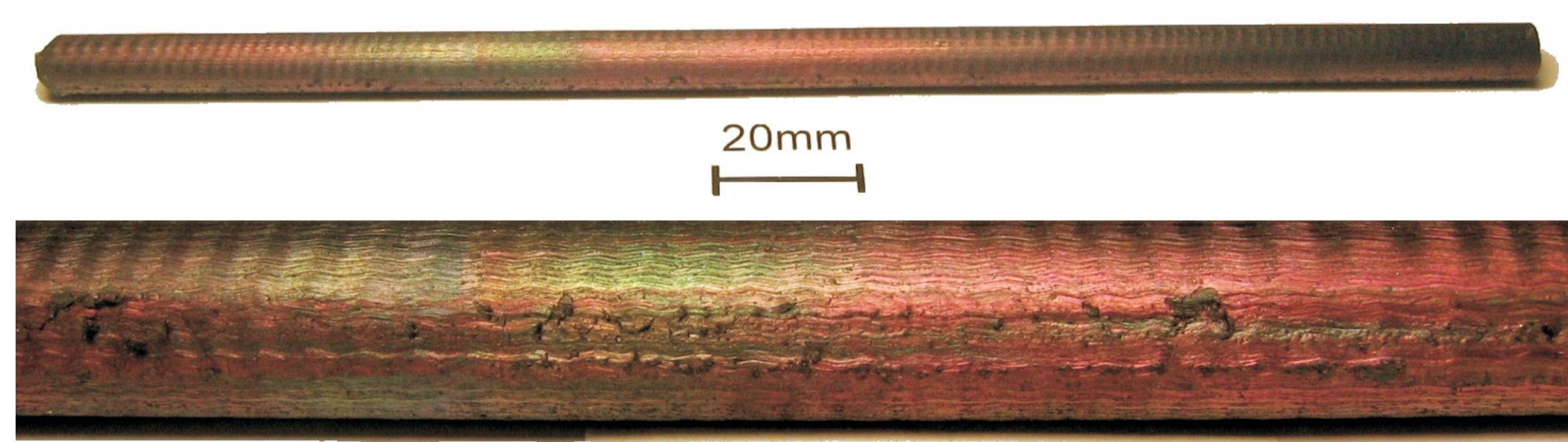
Wstępnie zagęszczono wióry w temperaturze otoczenia przy użyciu prasy – uzyskano wsad o średnicy Ø28mm
Initially, chips were consolidated at room temperature using press; product: 28mm rod



Rys. 2. Próbkę przygotowane do wyciskania metodą KoBo: a) wióry, b) wstępnie zagęszczony wsad. Fig. 2. Samples prepared for KoBo processing: a) chips, b) initially consolidated chips



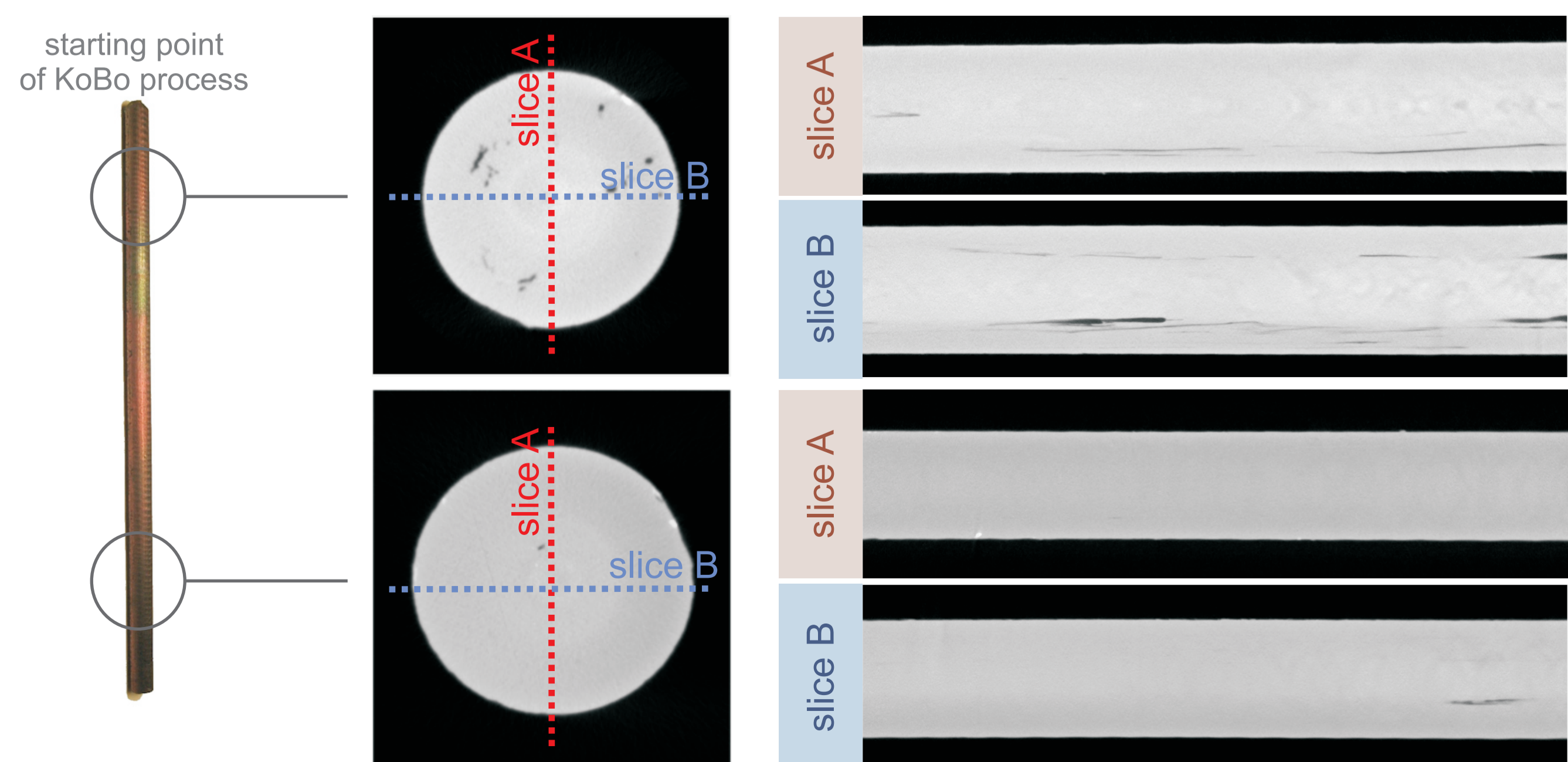
Rys. 3. Schemat metody KoBo Fig. 3. KoBo technique scheme



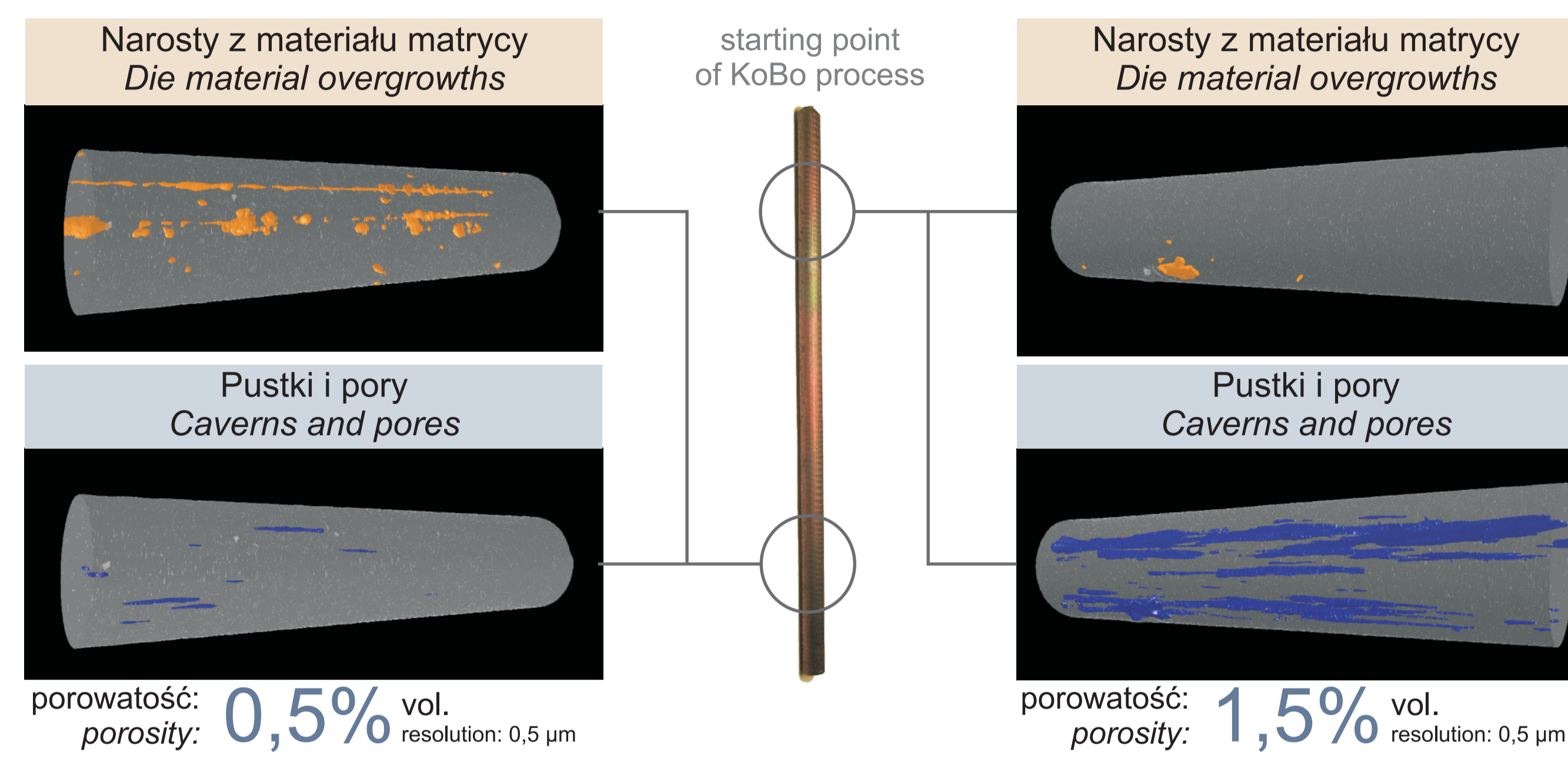
Rys. 4. Próbkę po przeróbce plastycznej metodą KoBo - różne powiększenia. Fig. 4. Samples after KoBo plastic processing - different magnification

Przeprowadzono wyciskanie wsadu metodą KoBo w temp. 350°C z chłodzeniem wodą za matrycą. Uzyskano produkt o średnicy Ø8mm w postaci prostoliniowego pręta z widocznymi narostami pochodzącymi z matrycy oraz nieznacznie zdefektowaną powierzchnią. Zabarwienie powierzchni jest efektem powstania tlenków.
Extrusion was carried out using Kobo technique at 350°C with water cooling after die. Straight Ø8mm diameter rod was produced. Surface of the rod was covered by growths (die material) and small defects. Color change of the surface is related to oxidation process.

Badanie jednorodności skonsolidowanych wiórów - mikrotomografia komputerowa
Homogeneity analysis of consolidated chips - X-Ray computer microtomography

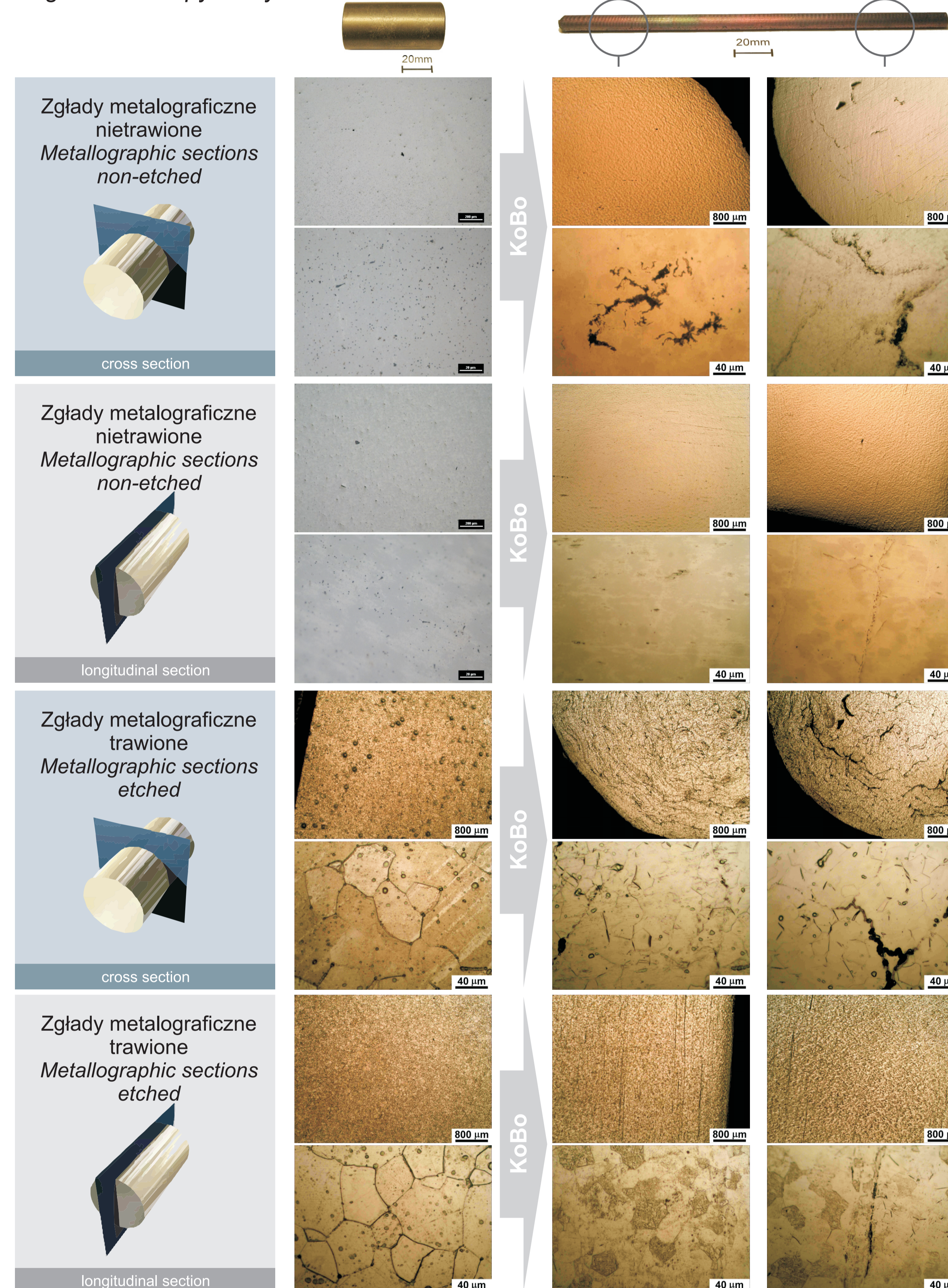


Rys. 5. Pojedyncze rastry (slice'y) na podstawie mikrotomografii rentgenowskiej µXCT (kontrast w funkcji gęstości). Fig. 5. Single slices from mikro computer tomography analysis (density contrast)



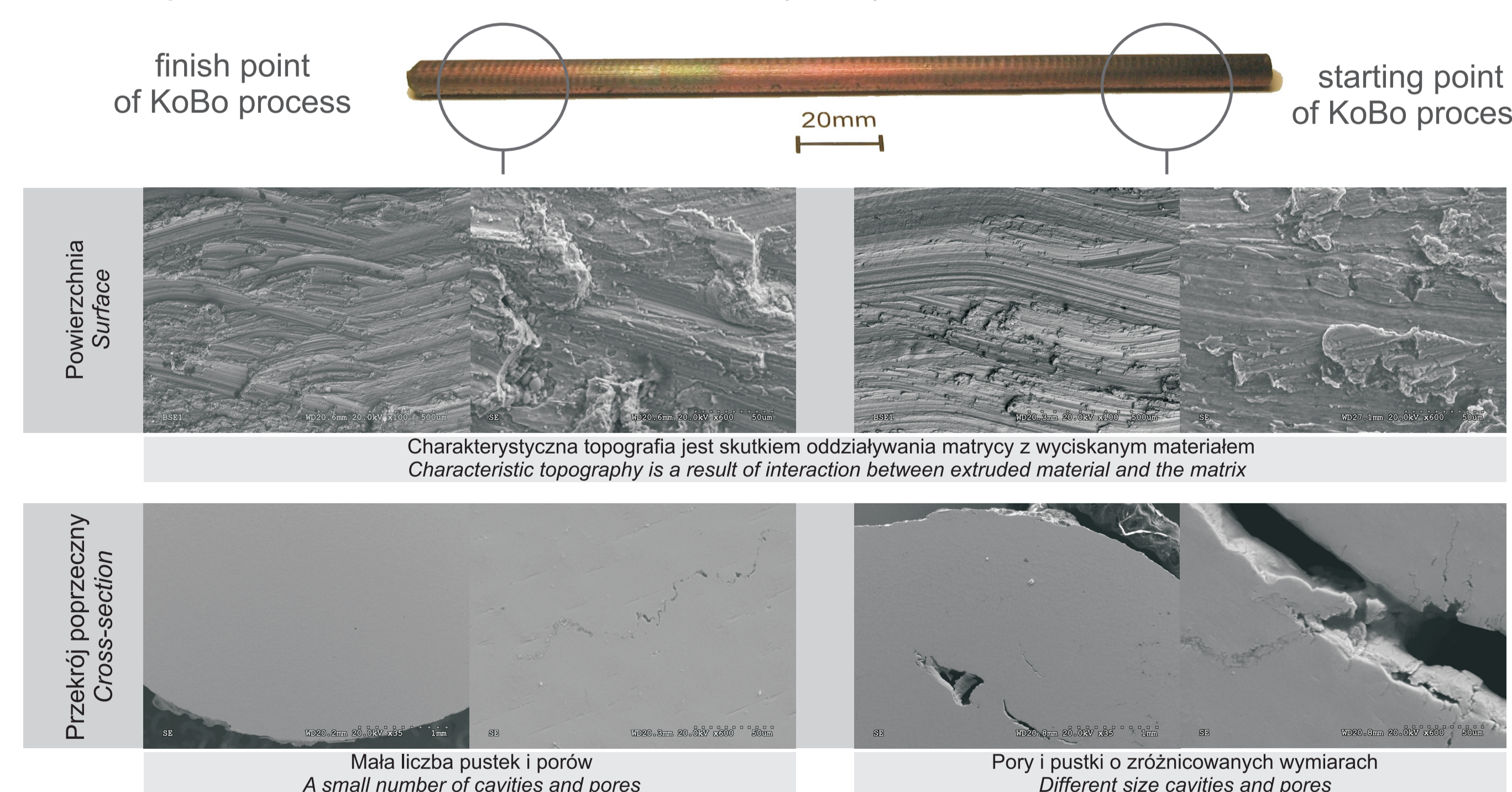
Rys. 6. Rekonstrukcja 3D próbek na podstawie badania µXCT, kolorami zaznaczone narosty i pory. Fig. 6. 3D reconstructions of the samples based on µXCT, colour-marked overgrowths and pores

Badania przy użyciu mikroskopii świetlnej
Light microscopy analysis



Rys. 7. Badania z użyciem mikroskopu świetlnego. Fig. 7. Light microscope observations

Badania przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej
Scanning Electron Microscope observations (SEM)

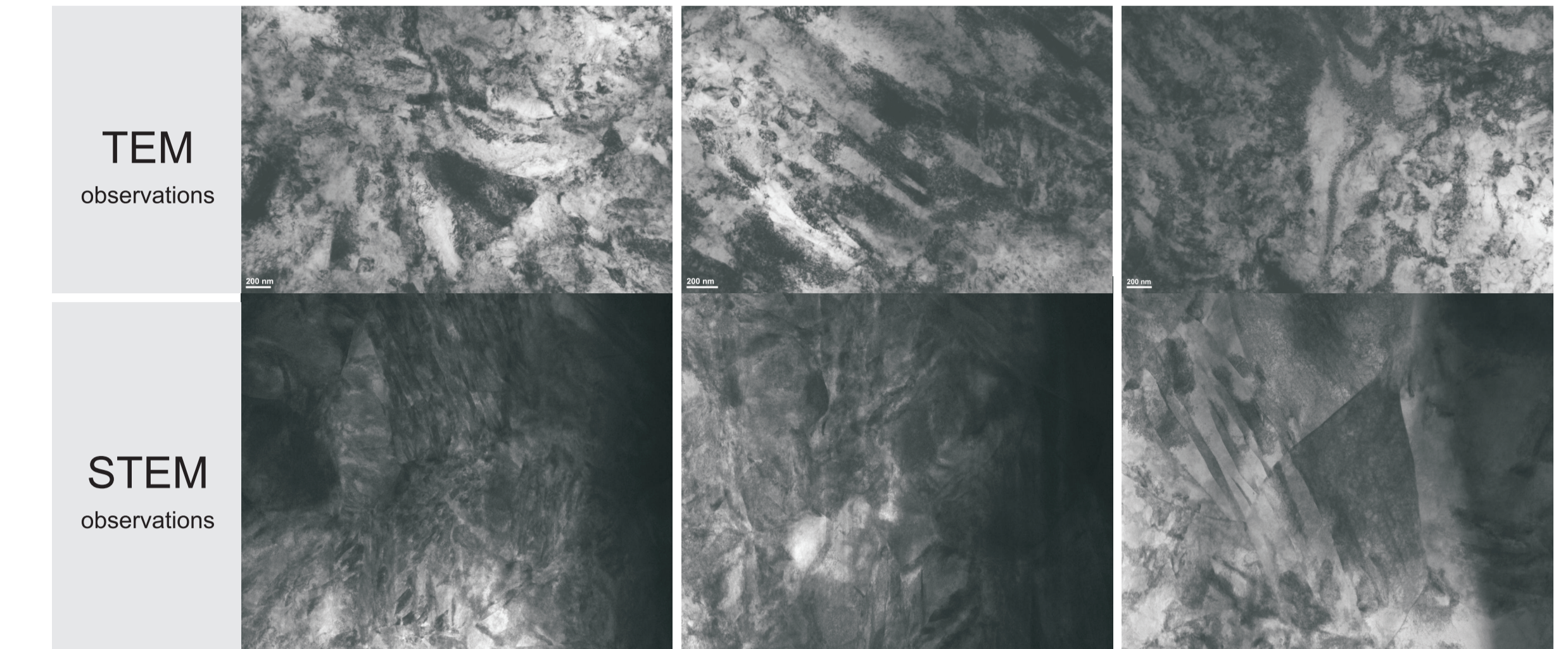


Rys. 8. Badania z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego. Fig. 8. Scanning Electron Microscope observations

Badania powierzchni pręta ujawniły obecność charakterystycznej topografii będącej skutkiem oddziaływania matrycy z wyciskającym materiałem.
Badania przy użyciu tomografii komputerowej jak również badania przy użyciu mikroskopii świetlnej oraz skaningowej mikroskopii elektronowej dowiodły, iż obszar materiału odpowiadający końcowi pręta charakteryzował się mniejszą porowatością niż obszar z początku pręta.
The study revealed characteristic topography which is the result of interaction of the matrix with the extruded material.

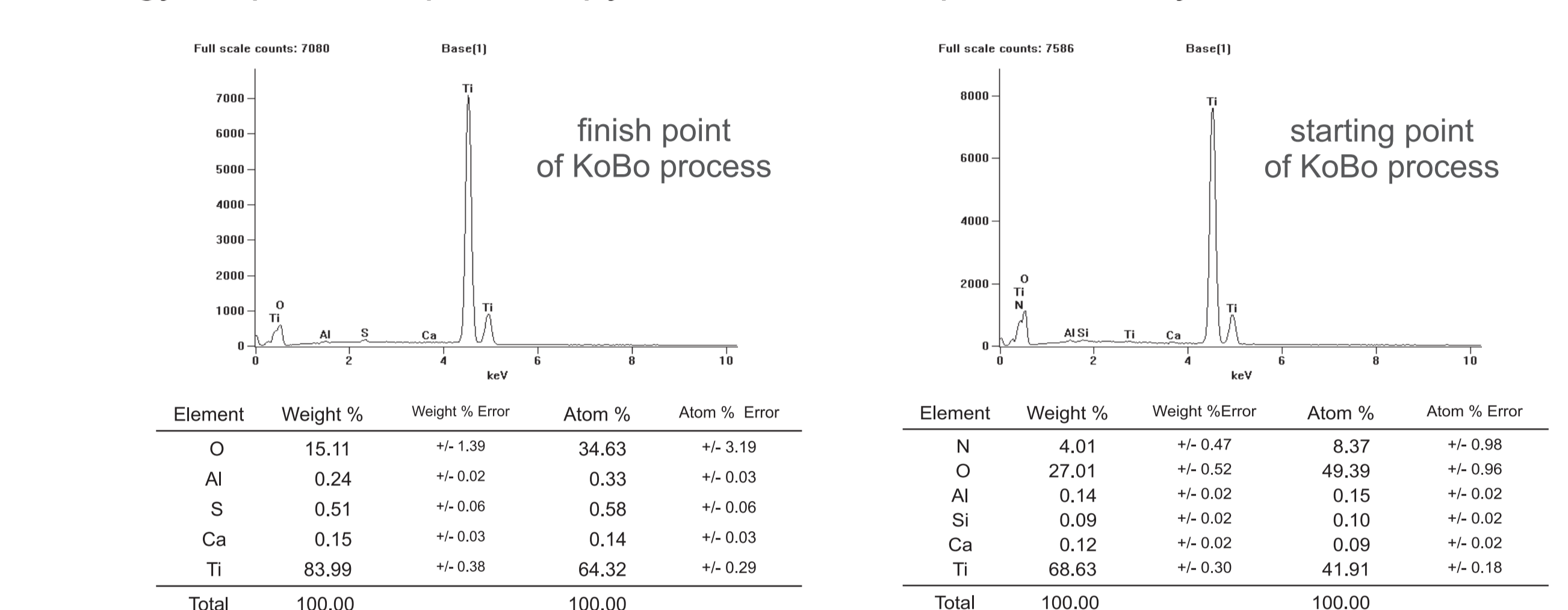
Studies using computer tomography as well as light microscopy and scanning electron microscopy have shown that the material region corresponding to the end of the rod is characterized by a lesser porosity than the area at the beginning of the rod.

Badania przy użyciu transmisyjnej i skaningowo-transmisyjnej mikroskopii elektronowej
Transmission and Scanning-Transmission Electron Microscopy analysis (TEM and STEM)



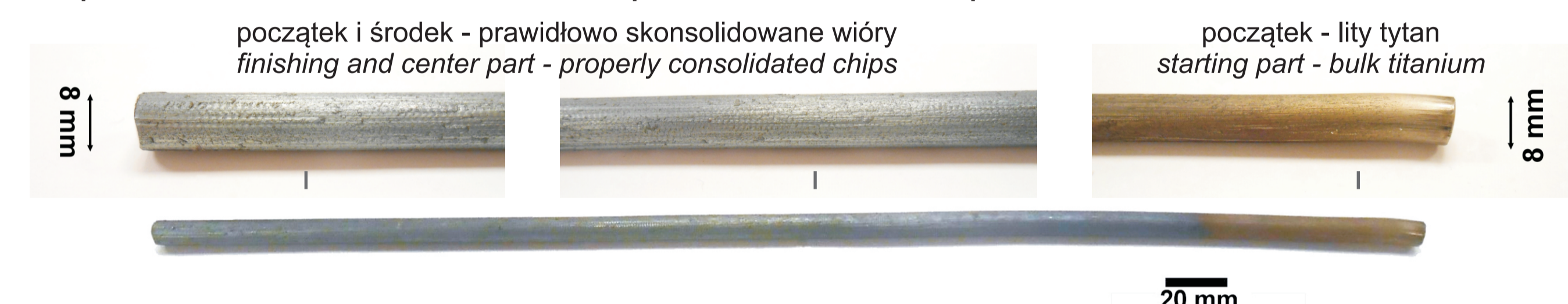
Rys. 9. Obserwacje STEM i TEM tytanu Grade 2 po procesie KoBo. Fig. 9. STEM and TEM observation of Titanium Grade2 after KoBo processing

Badania składu chemicznego metodą EDS
Energy Dispersive Spectroscopy - chemical composition analysis



Rys. 10. Analiza składu chemicznego na powierzchni pręta po procesie KoBo. Fig. 10. Chemical composition of the rod surface after KoBo processing

Optymalizacja procesu wyciskania wiórów tytanowych metodą KoBo
Optimization of the titanium chips KoBo extrusion process



Rys. 11. Produkt wyciskania wiórów tytanowych (metodą KoBo) z zastosowaniem przekładki z litego tytanu. Fig. 11. Kobo extrusion process product - titanium chips with bulk titanium spacer

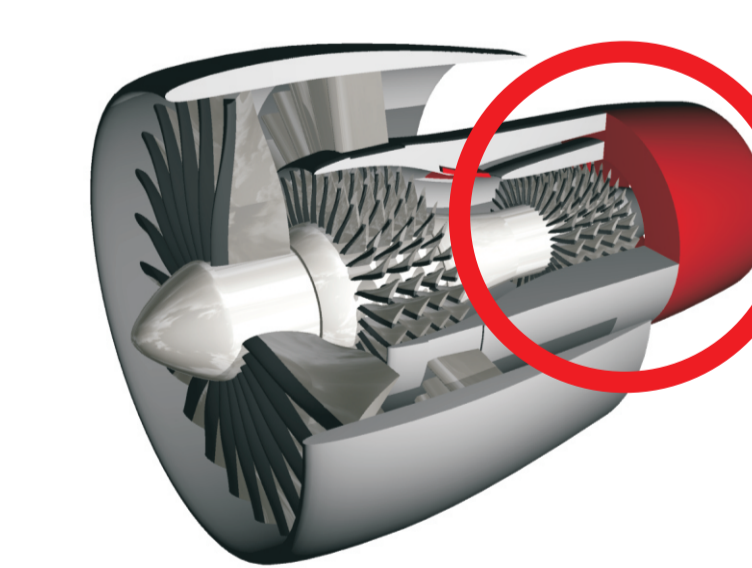
Wnioski Conclusions

- Wyciskanie wiórów tytanowych metodą KoBo pozwoliło uzyskać produkt w postaci pręta o średnicy Ø8 mm, charakteryzującego się lokalną porowatością od 0,5 do 1,5%.
- Badania przy użyciu tomografii komputerowej jak również badania przy użyciu mikroskopii świetlnej oraz skaningowej mikroskopii elektronowej dowiodły, iż obszar materiału odpowiadający końcowi pręta charakteryzował się mniejszą porowatością niż obszar z początku pręta.
- Badania powierzchni pręta ujawniły obecność charakterystycznej topografii będącej skutkiem oddziaływania matrycy z wyciskającym materiałem.

- Product of KoBo extrusion of Ti chips is a straight Ø8 mm rod, with porosity from 0,5 to 1,5 %.
- Studies using computer tomography as well as light microscopy and scanning electron microscopy have shown that the material region corresponding to the end of the rod is characterized by a lesser porosity than the area at the beginning of the rod.
- The study revealed characteristic topography which is the result of interaction of the matrix with the extruded material.

Przykłady zastosowania w lotnictwie

Examples of application in aviation



Rys. 12. Silnik turbodoładowy. Fig. 12. Turbine engine

Złącza bimetalowe Ni-Ti: wytwarzana gazów w silnikach turbinowych (gazogeneratory), Wyloty gazów spalinowych w silnikach turbinowych

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

Collaboration with aviation industry

Technologia wytwarzania bimetalu na bazie Ti-Ni z wykorzystaniem wysokoenergetycznego odkształcenia plastycznego (zgrzewanie wybuchowe) wchodzi w zakres zainteresowań zakładów WSK „PZL-Rzeszów” S.A.

Wskaźniki realizacji celów projektu

Indicators of the project

Referaty

- K. Topolski, P. Wieceński, Z. Szulc, A. Gałka, H. Garbacz, Testing and characterization of explosively joined ti/ni bimetal, konferencja Explosive production of new materials, 2014

Publikacje

- Topolski K., Garbacz H., Pachla W., Wieceński P., Kurzydłowski K. J.: Mechanical Properties of Nanocrystalline Titanium Obtained by Hydrostatic Extrusion. Archives of Metallurgy and Materials, 57 (2012) 863 – 867
- Garbacz H.: Metody otrzymywania nanokrystalicznego tytanu. Inżynieria Materiałowa, Nr 3(187) (2012)134-138
- Dolega Ł., Adamczyk-Cieślak B., Mizera J., Kurzydłowski K. J.: Corrosion resistance of model ultrafinegrained Al-Li alloys produced by severe plastic deformation, Journal of Materials Science (2012) 47, 3026-3033
- K. Topolski, P. Wieceński, Z. Szulc, A. Gałka, H. Garbacz, Progress in the characterization of explosively joined Ti/Ni bimetal, Materials and Design 2014 inpress

Prace mgr, dr, hab.

Prace magisterskie obronione:

- Kamil Wasiluk: Mikrostruktura i właściwości blach bimetalicznych Ti-Ni uzyskanych metodą platerowania wybuchowego. Promotor: dr hab. inż. Halina Garbacz
- Anna Dobkowska: Zależność odporności korozyjnej stopów Al-Li od stopnia zgniotnienia. Promotor: dr inż. Joanna Zdunek
- Małgorzata Kobus: Wyciskanie hydrostatyczne stopów Al-Li. Promotor prof. dr hab. Halina Garbacz
- Adrian Rybka: Mikrostruktura i właściwości złącza Ti6Al4V / Inconel 625 uzyskanego metodą łączenia wybuchowego. Promotor: prof. dr hab. Halina Garbacz (2013 rok)

Prace inżynierskie obronione:

- Adrian Rybka: Wytwarzanie bimetalu NiTi z wykorzystaniem wysokoenergetycznego odkształcenia plastycznego. Promotor: prof. dr hab. inż. Halina Garbacz.

Prace inżynierskie realizowane:

- Magdalena Rydzewska: Konsolidacja wiórów tytanowych metodą KoBo
- Udział studentów: 5, Udział doktorantów: 3, Udział innych wykonawców: 2