

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym Modern material technologies in aerospace industry

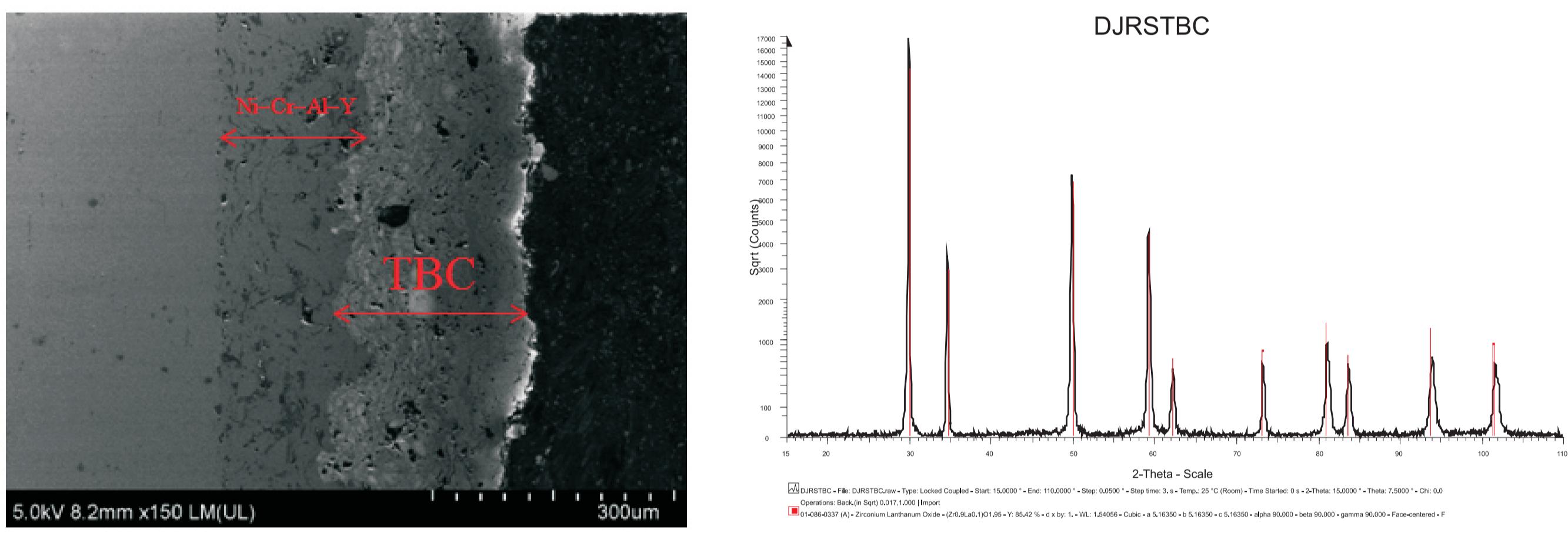
Nowoczesne pokrycia barierowe na krytyczne części silnika Modern barrier covers on critical engine parts

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska, Uniwersytet Rzeszowski

Wyniki badań Results

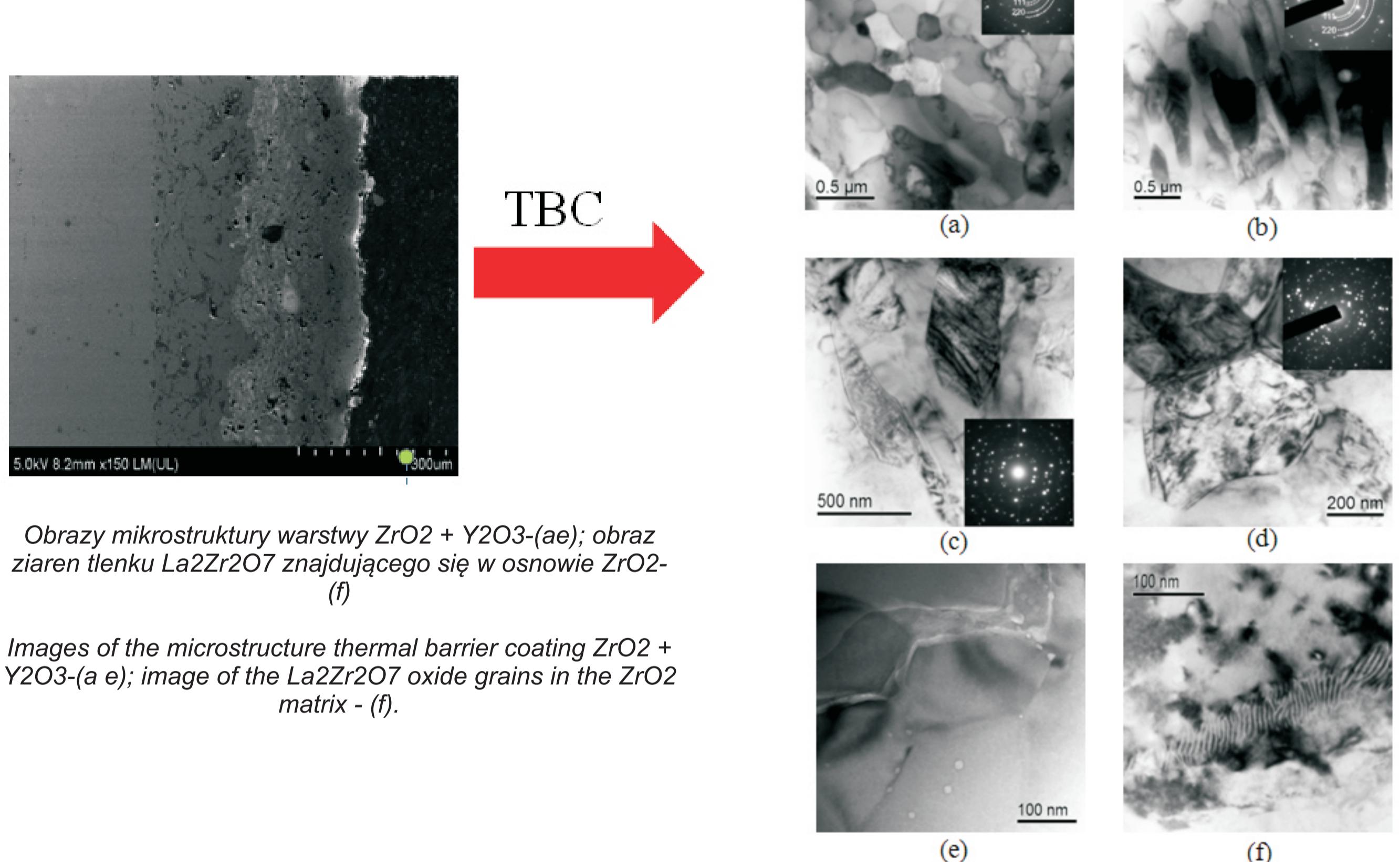
Zakres prac:

- wytwarzanie powłokowych barier cieplnych zawierających nanokrystaliczny tlenek La₂Zr₂O₇ na stope niklu IN740 metodą APS;
 - badanie mikrostruktury warstw (TEM);
 - badanie morfologii warstw (HITACHI SU 70); określenie składu chemicznego w mikroskali EDS (HITACHI SU 70);
 - określenie składu fazowego warstwy ceramicznej metodą dyfrakcji rentgenowskiej (Bruker D8 Advance);
 - badanie odporności korozjowej metodą potencjodynamiczną i potencjostatyczną stopu niklu Inconel 740 w stanie wyjściowym oraz z wytworzonymi warstwami międzymetalicznymi z układu Al-Ni;
 - badanie odporności korozjowej metodą potencjodynamiczną i potencjostatyczną stopu niklu Inconel 740 z warstwami azotku chromu.
- Formation of thermal barrier coating with nanocrystalline La₂Zr₂O₇ oxide on the nickel alloy by APS method.
Examination of the layer morphology (HITACHI SU 70).
Determination of the chemical composition in micro scale EDS (Hitachi SU 70).
Determination of the phase composition of the layers (Bruker D8 Advance).
Corrosion resistance investigations of the Inconel 740 nickel alloy at initial state and with AlNi intermetallic layers.
Corrosion resistance investigations of the Inconel 740 nickel alloy with chromium nitride layers.



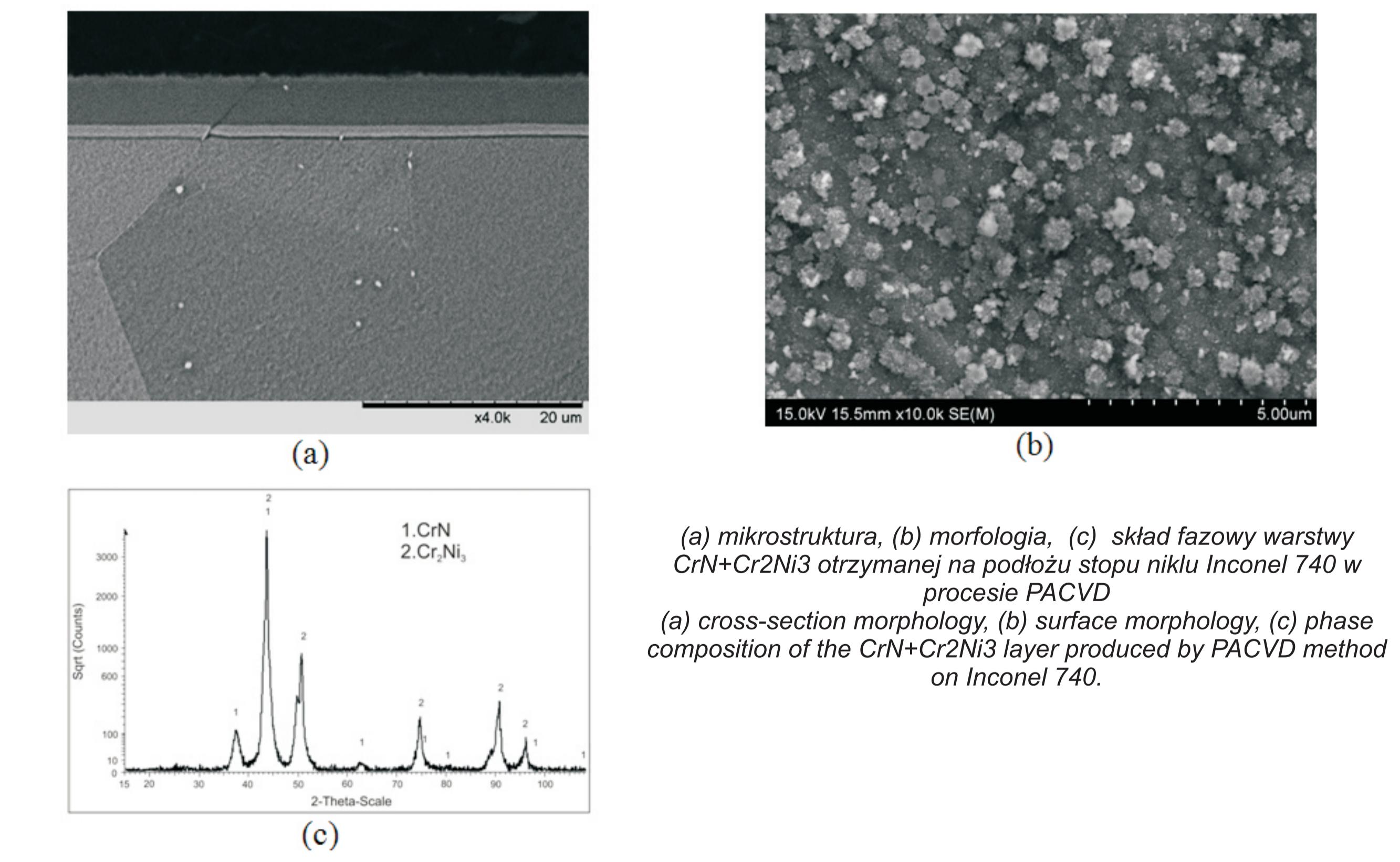
Mikrostruktura barier cieplnej TBC wytworzonej na podłożu stopu niklu

Microstructure of the TBC thermal barrier coating produced on a nickel alloy substrate.



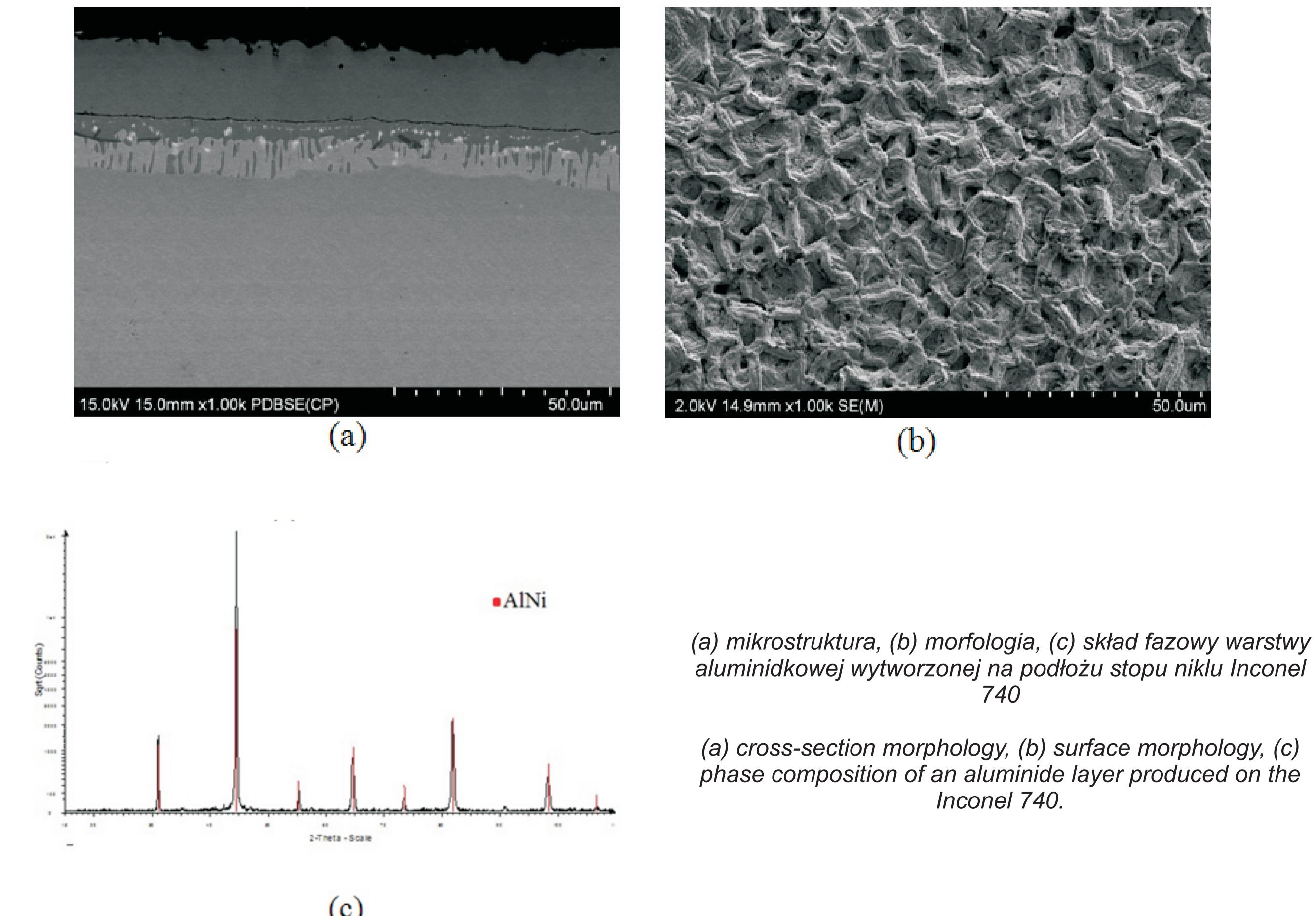
Obrazy mikrostruktury warstwy ZrO₂ + Y₂O₃-(ae); obraz ziaren tlenku La₂Zr₂O₇ znajdującego się w osnowie ZrO₂-(f)

Images of the microstructure thermal barrier coating ZrO₂ + Y₂O₃-(a e); image of the La₂Zr₂O₇ oxide grains in the ZrO₂ matrix - (f).



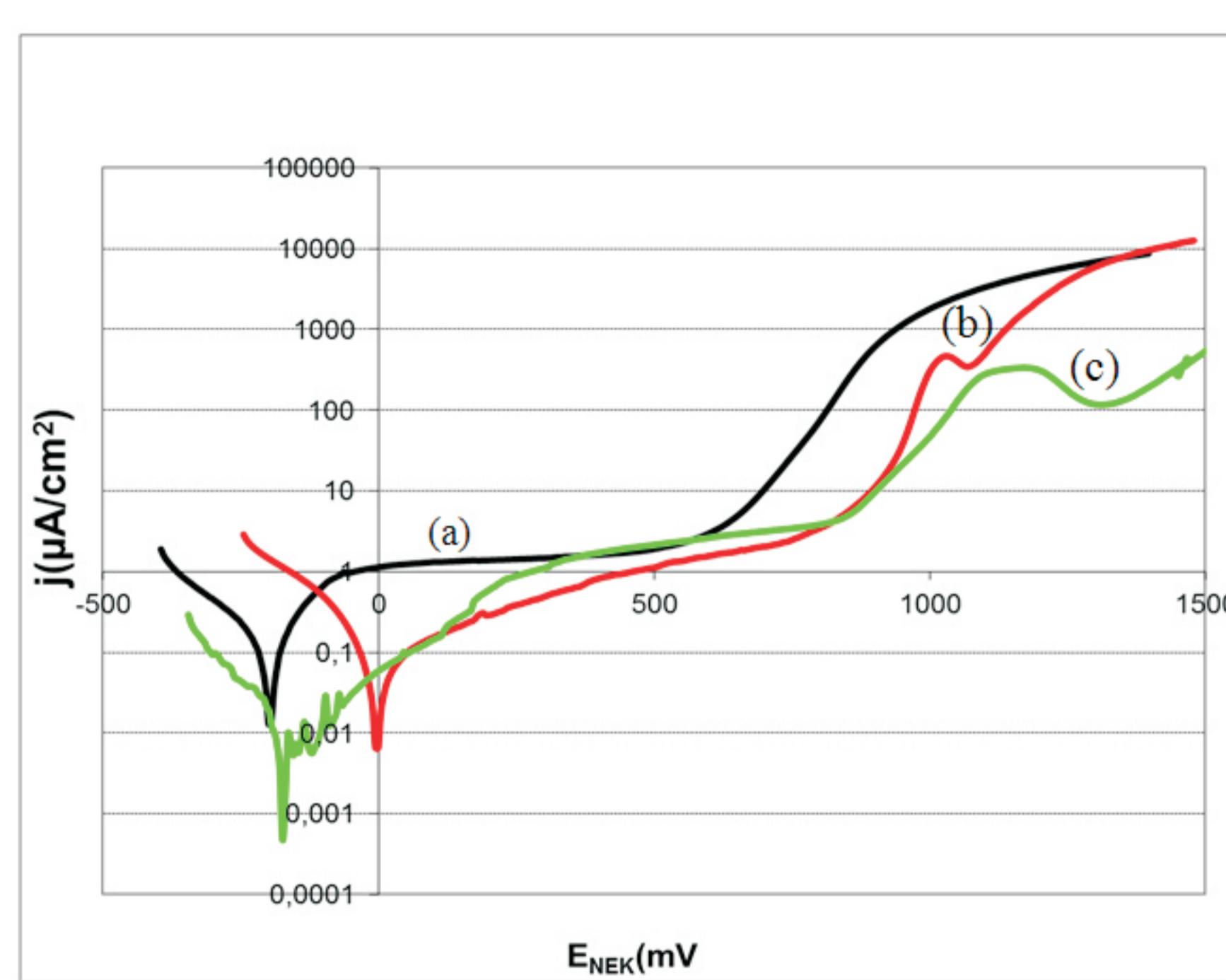
(a) mikrostruktura, (b) morfologia, (c) skład fazowy warstwy CrN+Cr2Ni3 otrzymanej na podłożu stopu niklu Inconel 740 w procesie PACVD

(a) cross-section morphology, (b) surface morphology, (c) phase composition of the CrN+Cr2Ni3 layer produced by PACVD method on Inconel 740.



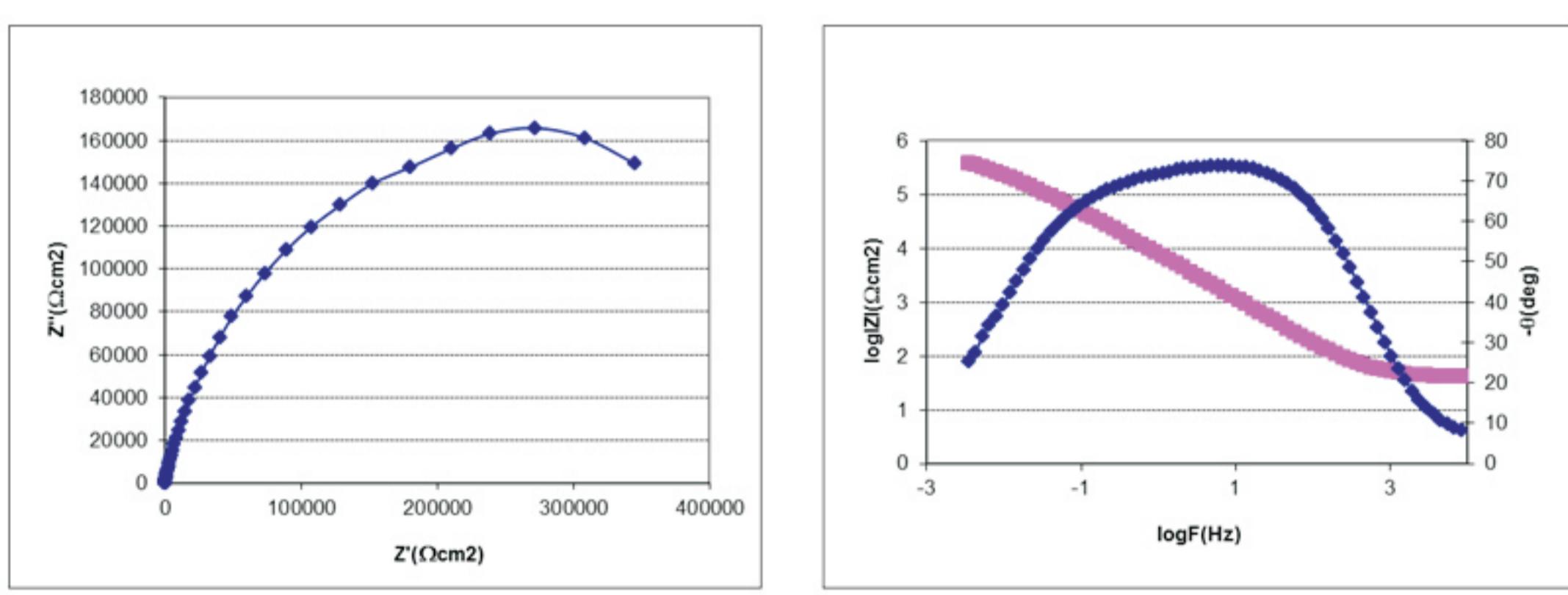
(a) mikrostruktura, (b) morfologia, (c) skład fazowy warstwy aluminidowej wytworzonej na podłożu stopu niklu Inconel 740

(a) cross-section morphology, (b) surface morphology, (c) phase composition of an aluminide layer produced on the Inconel 740.

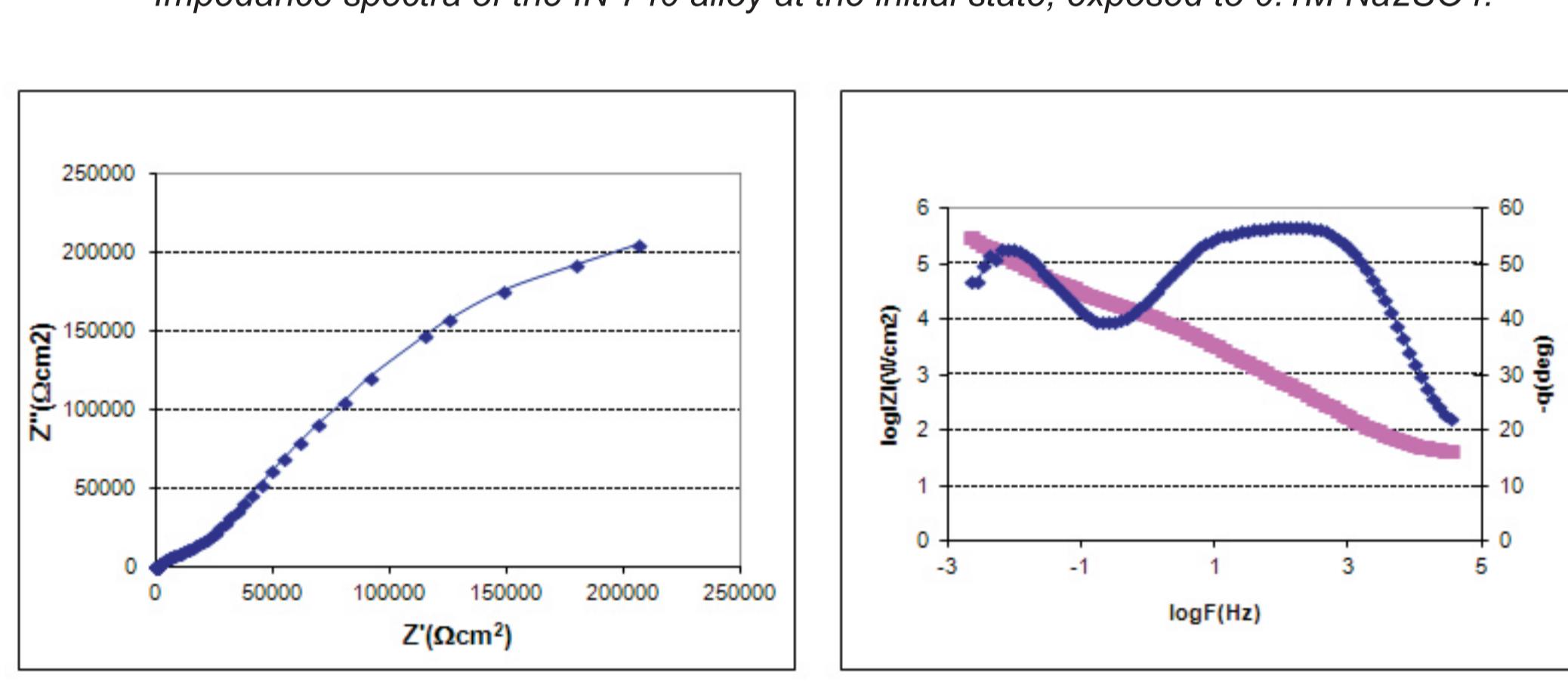


Krzywe polaryzacyjne niklu Inconel 740: (a) w stanie wyjściowym, (b) z warstwą CrN+Cr2Ni3, (c) z warstwą AlNi, eksponowane w 0.1M Na₂SO₄

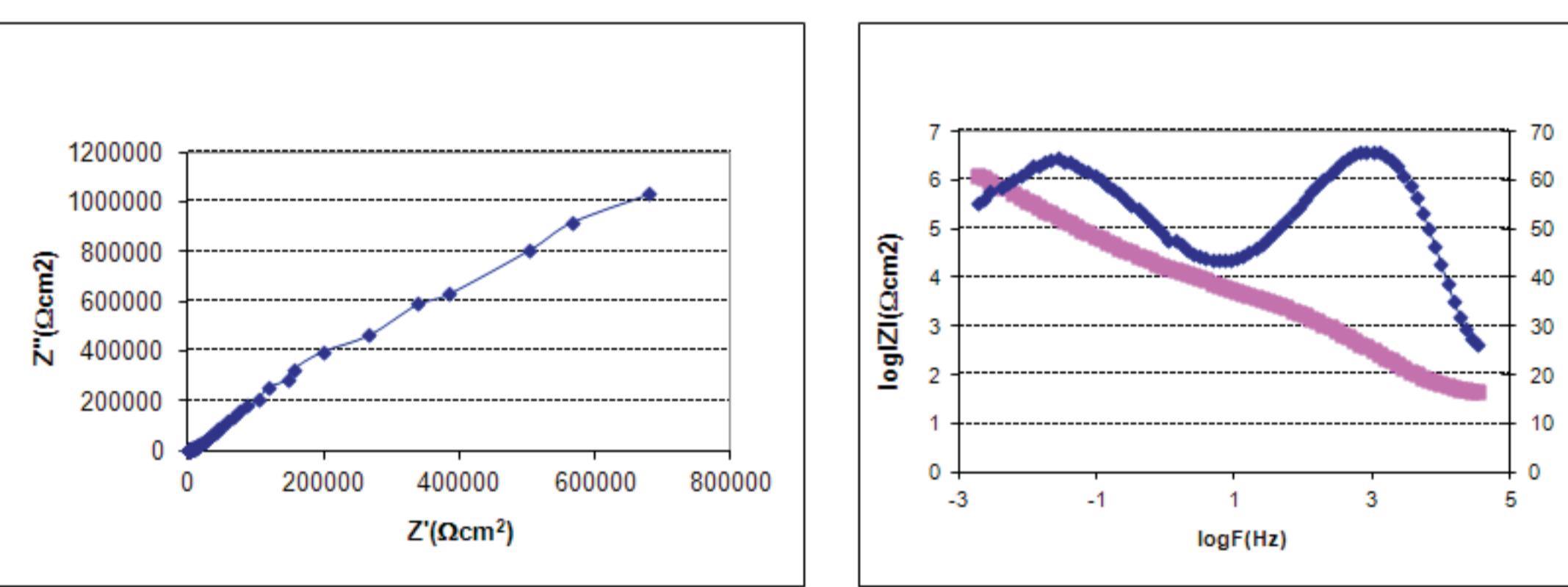
Polarization curves of the Inconel 740 alloy: (a) at the initial state, (b) with the CrN+Cr2Ni3 layer, (c) with the AlNi layer, exposed to 0.1M Na₂SO₄.



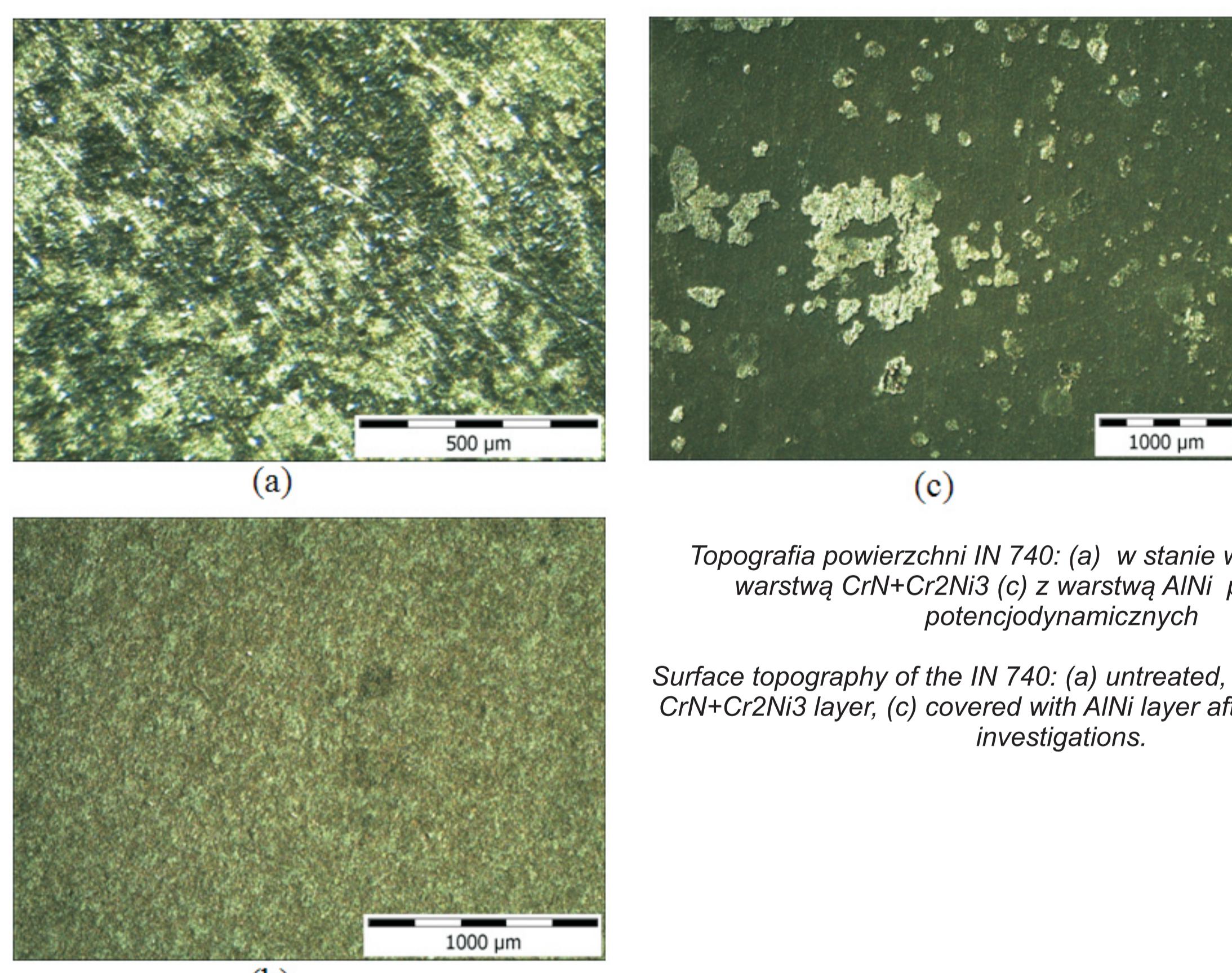
Widma impedancyjne stopu niklu Inconel 740 w stanie wyjściowym, eksponowane w 0.1M Na₂SO₄.



Widma impedancyjne stopu niklu IN 740 z warstwą CrN+Cr2Ni3 eksponowane w 0.1M Na₂SO₄.



Widma impedancyjne stopu niklu IN 740 z warstwą AlNi eksponowane w 0.1M Na₂SO₄.



Topografia powierzchni IN 740: (a) w stanie wyjściowym, (b) z warstwą CrN+Cr2Ni3 (c) z warstwą AlNi po badaniach potenciodynamicznych

Topography of the IN 740: (a) untreated, (b) covered with the CrN+Cr2Ni3 layer, (c) covered with AlNi layer after potentiodynamic investigations.

Wnioski Conclusions

Metodą APS możliwe jest wytwarzanie powłokowej barier cieplnej zawierającej nanokrystaliczny tlenek La₂Zr₂O₇ o grubości około 300 nm charakteryzującej się dobrą przyczepnością do podłożu

Badania odporności korozjowej wykonane metodą potencjodynamiczną oraz potencjostatyczną wykazały, że dyfuzyjne warstwy: CrN+Cr2Ni3 i AlNi poprawiają w sposób znaczący odporność korozjową stopu niklu Inconel 740 w 0,1M Na₂SO₄.

The APS method allows the production of a thermal barrier coating with nanocrystalline La₂Zr₂O₇ structure, approx. 300 µm thick, which is characterized by very good adherence to the substrate.

Corrosion resistance investigations by potentiodynamic and potentiostatic method revealed that the layers: CrN+Cr2Ni3 and AlNi significantly increase the corrosion resistance of the Inconel 740 substrate.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

- R. Sitk, D. Kukla, H. Matysiak, K.J. Kurzydowski, „Effect of aluminide layer on the high-cycle fatigue of nickel alloy Inconel 740” Advanced in Applied Plasma Science Vol. 9 (2013) 33-36. (Proceedings of ISAPS'13)

Wyniki badań Results

Tematem przeprowadzonych prac było badanie próbek z naniesioną powłoką TBC przy trójpunktowym zginaniu.

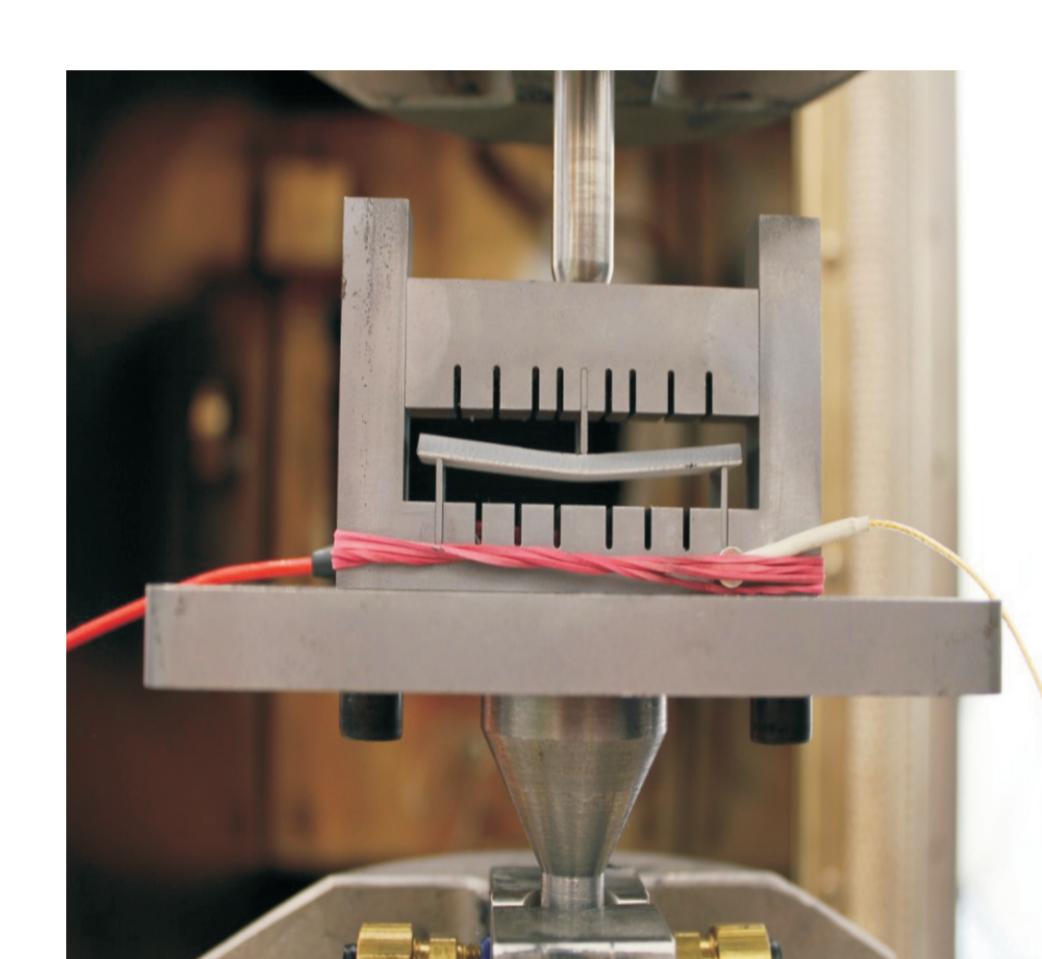
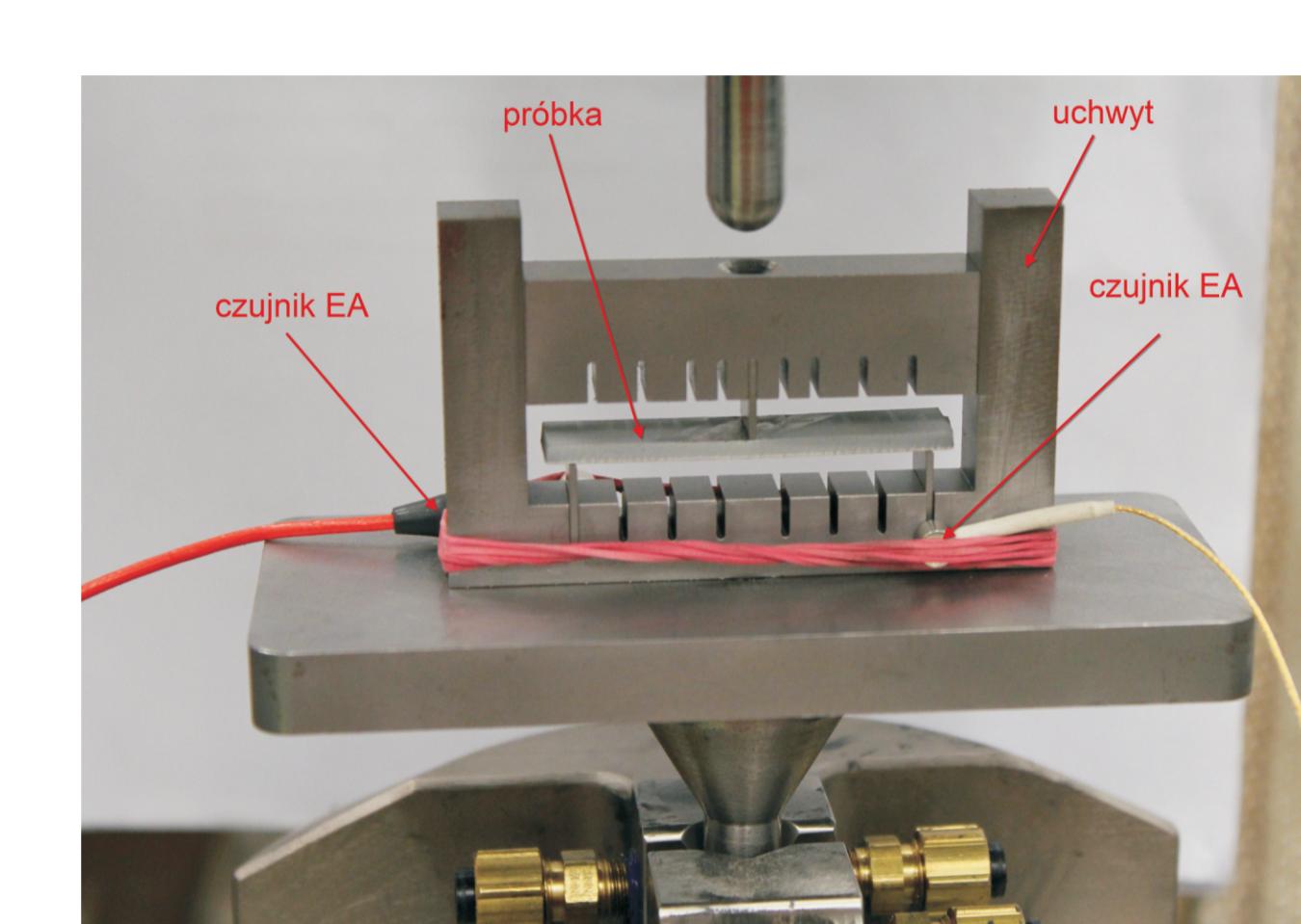
Podobnie jak w przypadku próbek do rozciągania, część z nich została poddana starzeniu w temperaturze 1000°C przez okres: 48, 89, 185 i 353 godzin.

W wyniku badań eksperymentalnych określono grubość warstwy TGO oraz poziom odkształceń prowadzących do uszkodzenia pokrycia. Wyniki z badań posłużyły do zbudowania modelu numerycznego i kalibracji danych materiałowych.

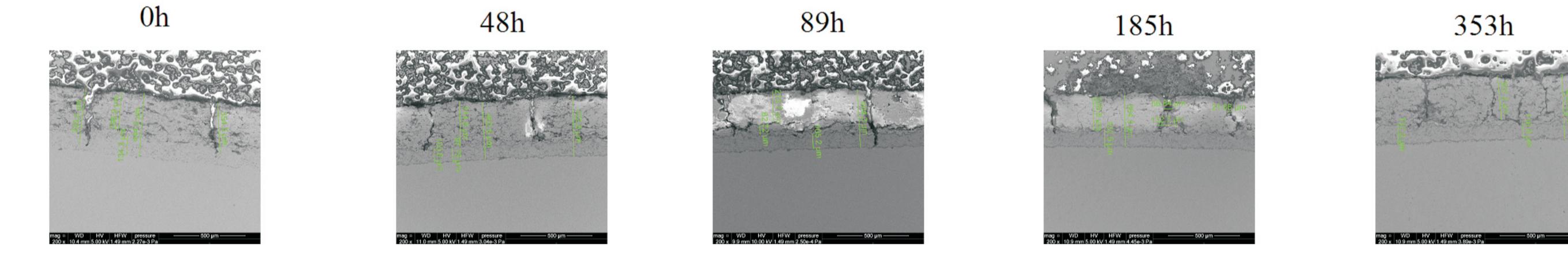
The subject of the carried out work was to test samples with TBC coating at three-point bend test.

As in the case of tensile specimens, some of them were subjected to aging at a temperature of 1000°C for a period of 48, 89, 185 and 353 hours.

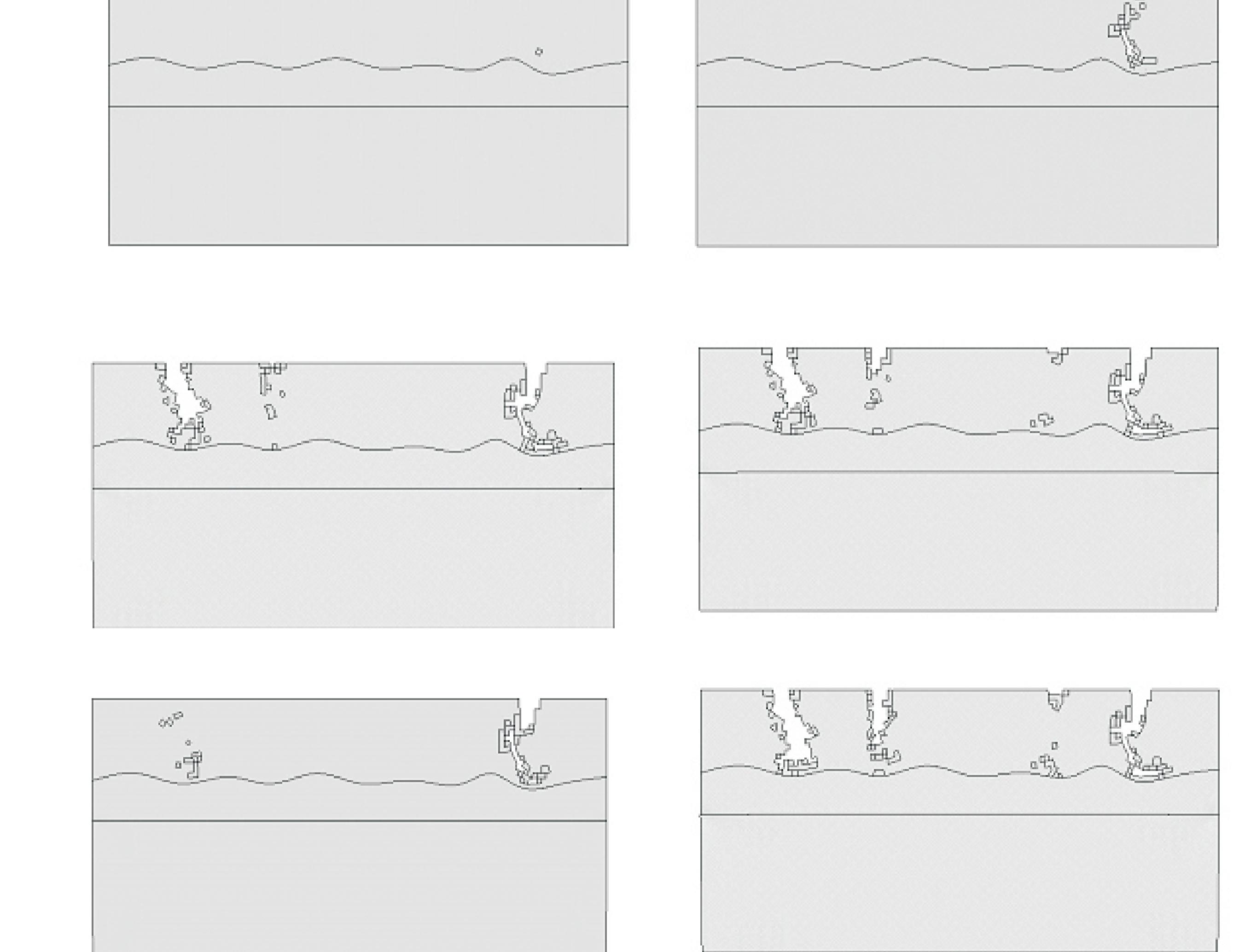
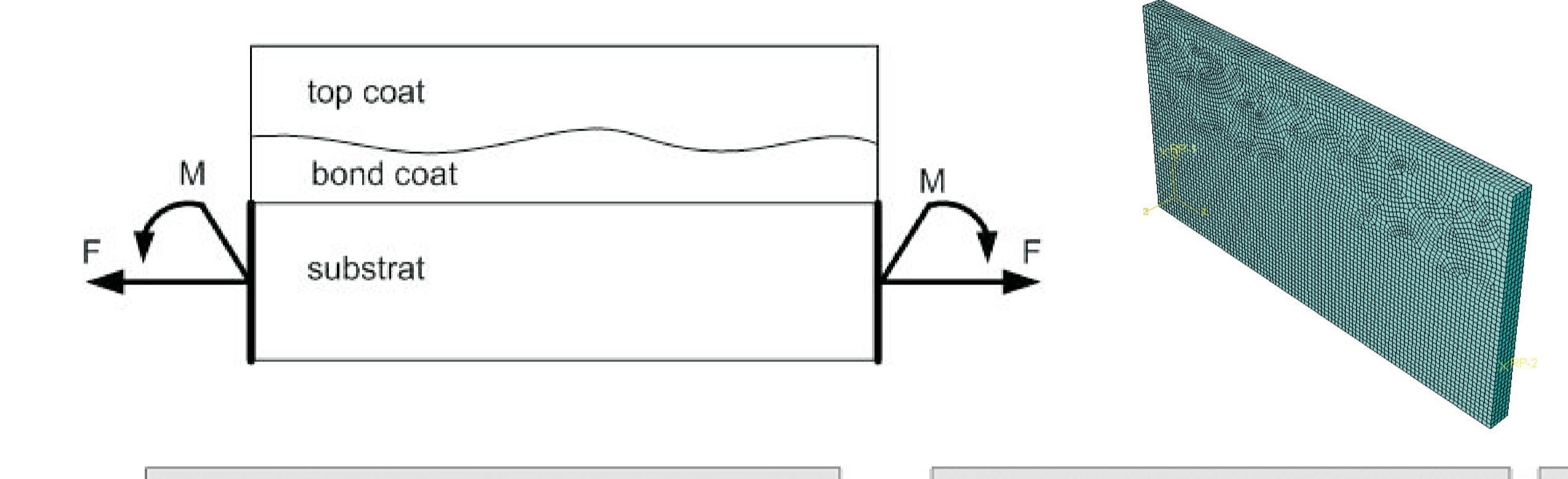
As a result of experimental studies TGO layer thickness was determined and the level of deformation leading to covering damage. The results of the study were used to build a numerical model and material data calibration.



Obserwacje uszkodzonej warstwki TBC / Observations of the damaged layer TBC



Model numeryczny z uwzględnieniem uszkodzenia / The numerical model taking into account the damage



Wnioski Conclusions

Dochodzących brak jest jednolitych procedur, norm dotyczących badania skomplikowanego pod względem budowy i obciążenia systemu TBC. Najbardziej racjonalnym jest wykonywanie klasycznych próbek do rozciągania i zginania wraz z naniesionym pokryciem. Prace nad badaniem pokrycia TBC muszą zawierać część dotyczącą starzenia oraz badania mikroskopowe w celu określenia uszkodzeń. Zaproponowany sposób modelowania pokrycia TBC może służyć do kalibracji danych materiałowych lub nawet jako submodel dla symulacji zawierającej rzeczywistą geometrię łopatki.

To this day, there are no uniform procedures or standards for TBC system testing with complex structure and loads. The most rational is to perform classical specimens for tensile and bending together with TBC coating. The research concerning TBC coatings must contain aging part and microscopic examination in order to determine damage. The proposed method of TBCs modeling can be used to calibrate the material data or as a submodel for simulation containing real blade geometry.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

- T. Sadowski, P. Golewski, „On the problem of heat transfer in polycrystalline composites subjected to quick temperature changes”, DSL 2013, 24 – 28 czerwca 2013.
- T. Sadowski, P. Golewski, „Experimental and numerical investigations of TBC behaviors after aging, subjected to tension and bending”, Advanced Materials and Structures - AMS '13, 24 – 25 października.

Publikacje

- T. Sadowski, P. Golewski, „Heat transfer and stress concentrations in a two-phase polycrystalline composite structure. Part I: Theoretical modelling of heat transfer”, Mat.-wiss. u.Werkstofftech. 2013, 44, No. 5