

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

### Nowoczesne powłoki barierowe na krytyczne części silnika

### Modern barrier covers on critical engine parts

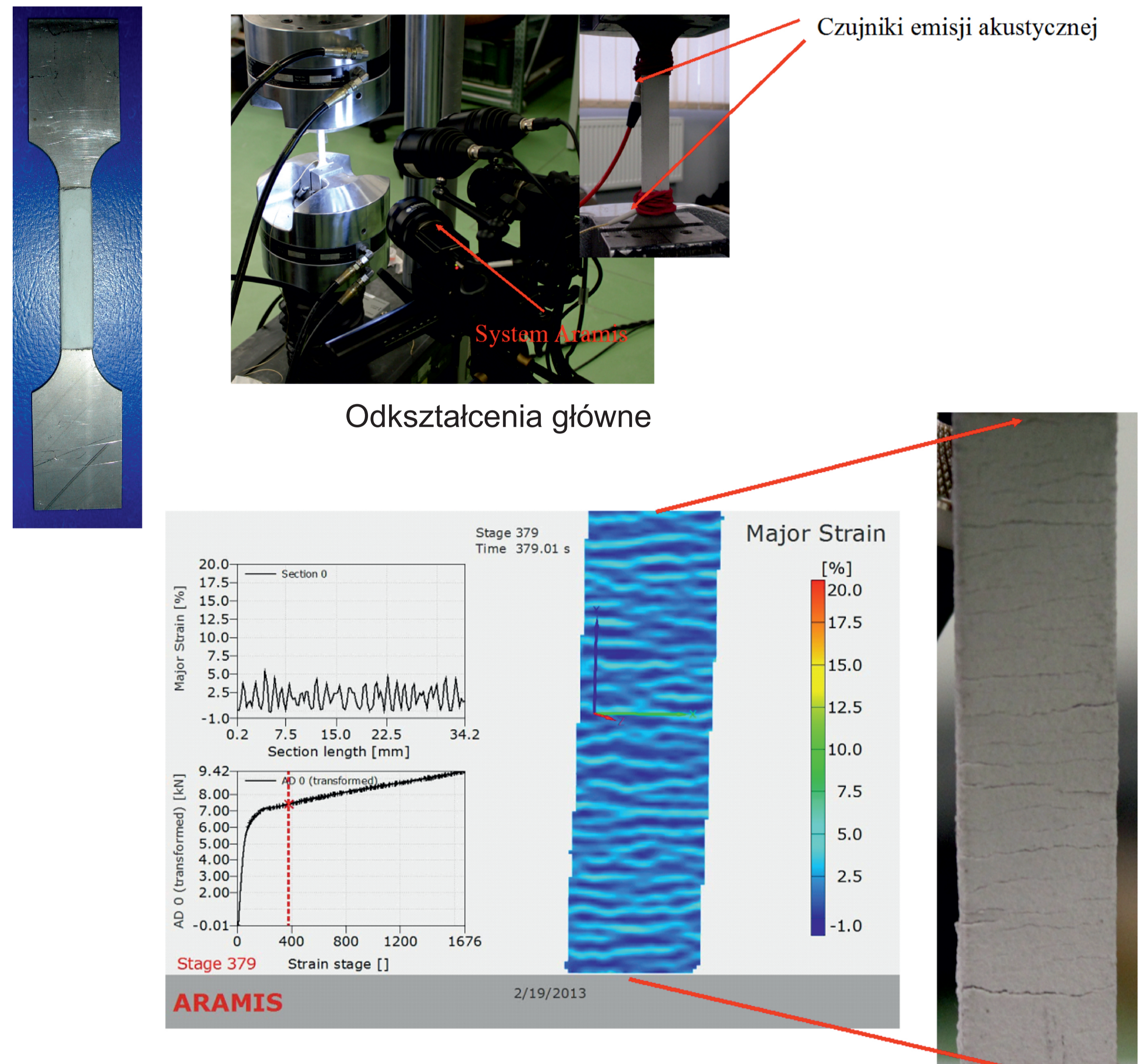
Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska, Uniwersytet Rzeszowski

#### Wyniki badań Results

##### Odształcenia krytyczne w materiałach z powłoką TBC The critical strain for TBC coated samples

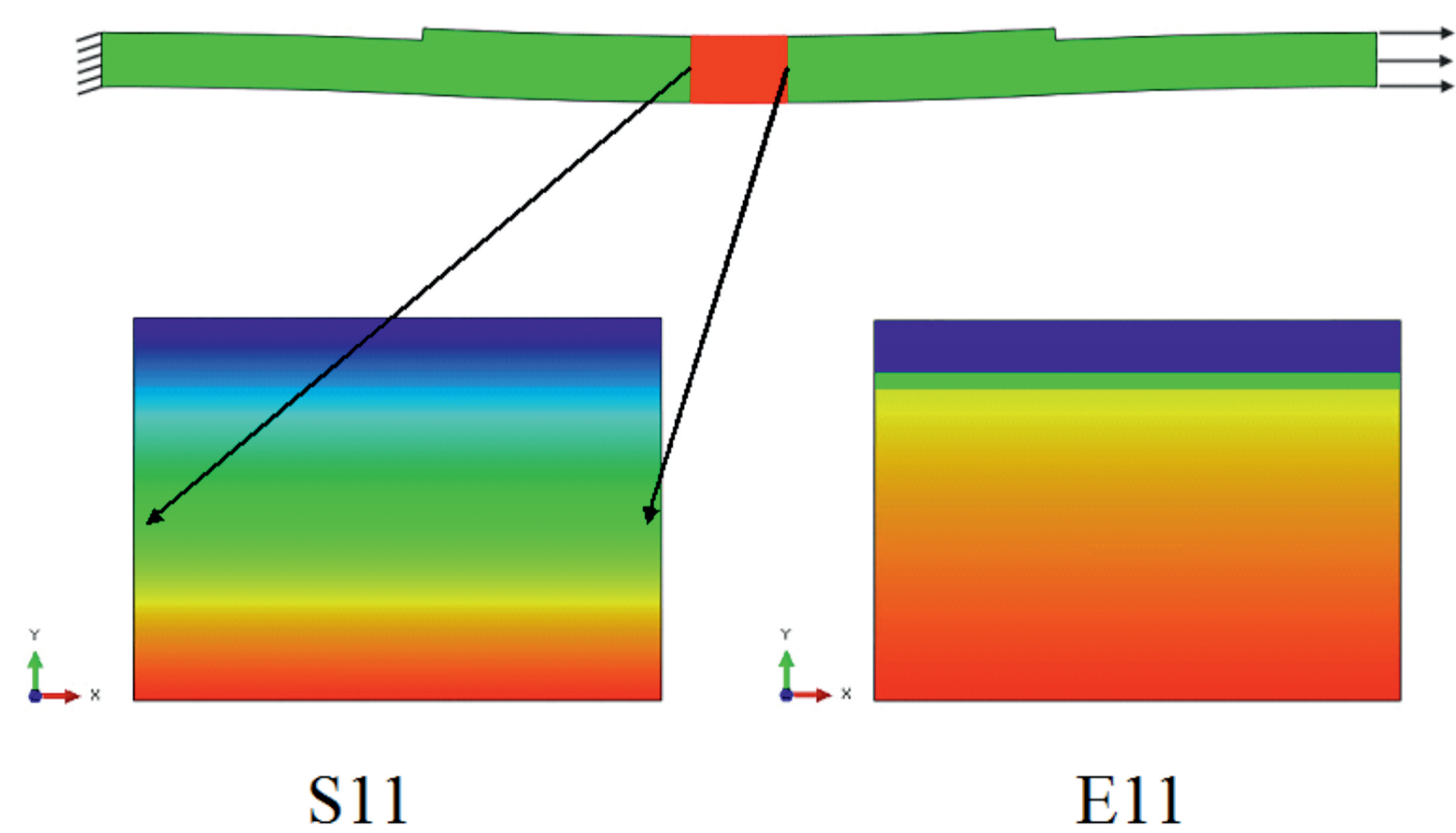
Celem badań było określenie krytycznych odkształceń dla próbek z powłoką TBC poddanych rozciąganiu z użyciem emisji akustycznej i systemu Aramis

The aim of this study was to determine the critical strain for TBC coated samples subjected to tension with the use of acoustic emission Aramis system.



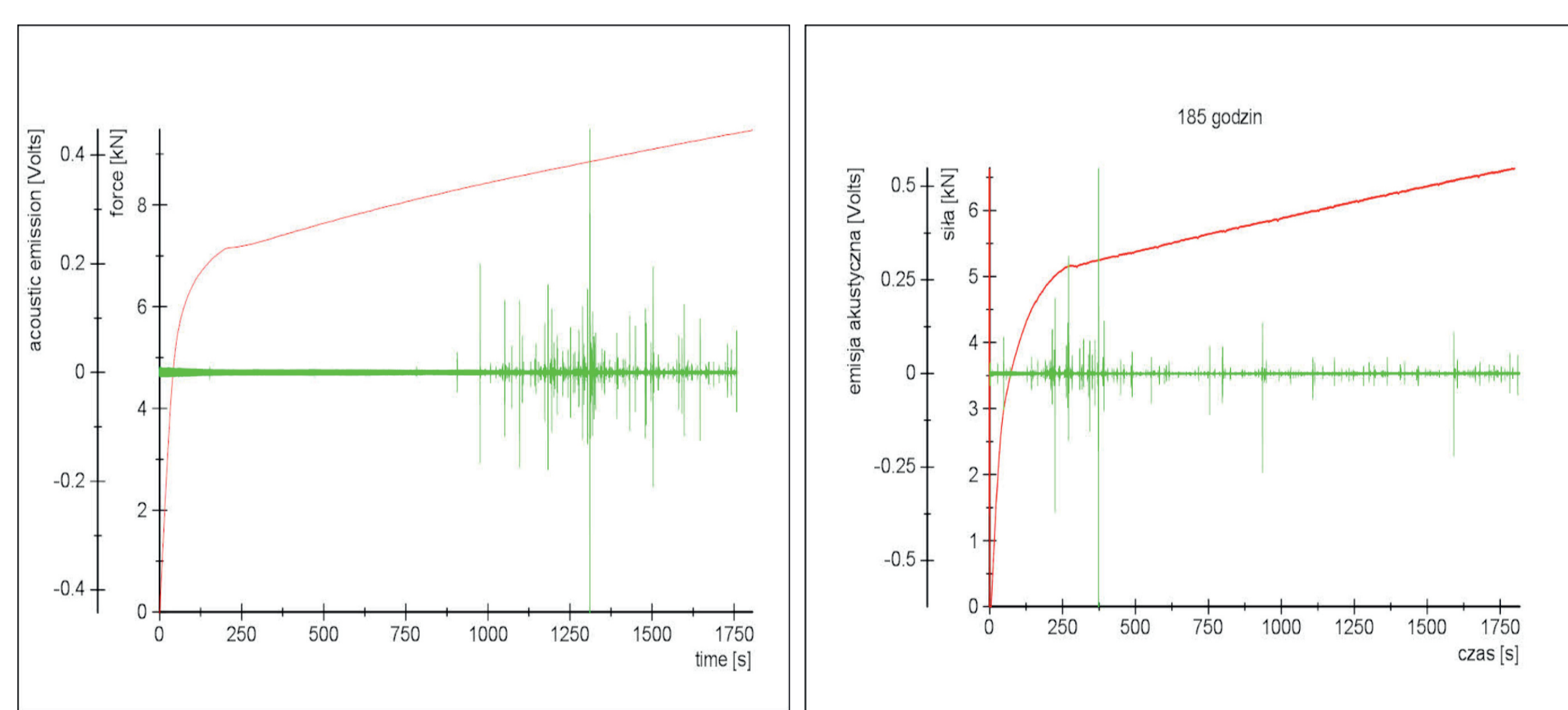
Przeprowadzono także badania numeryczne dla próbek z naniesioną powłoką TBC, dla różnych grubości powłoki

Numerical studies were also carried out for the samples with TBC, for different thickness of the coating.



Próbka nie poddana starzeniu  
The sample not subjected to aging

Starzenie przez 185h w 10000C  
Ageing by 185h at 10000C



#### Wnioski Conclusions

- Przeprowadzono starzenie próbek w temperaturze 10000C dla czasów 48h, 89h, 185h, 353h i poddano je testom jednoosiowego rozciągania.
- Zastosowanie emisji akustycznej pozwoliło na określenie krytycznych odkształceń powodujących pęknięcie warstwy TBC.
- Przeprowadzone badania pozwolą na lepszy opis materiału powłoki w programie Abaqus uwzględniający efekty starzenia.
- Podczas jednoosiowego rozciągania próbek z powłoką TBC powstaje złożony stan naprężenia i konieczne jest wykonanie symulacji numerycznej celem określenia stanu odkształceń i naprężeń w przekroju poprzecznym próbki

Aging of the samples was carried out at 10000C for times 48h, 89h, 185h, 353h and subjected to uniaxial tensile tests.

The use of acoustic emission allowed for the identification of critical fracture strain for TBC layer.

The study will allow for a better description of the TBC material in the Abaqus program, takes into account the effects of aging.

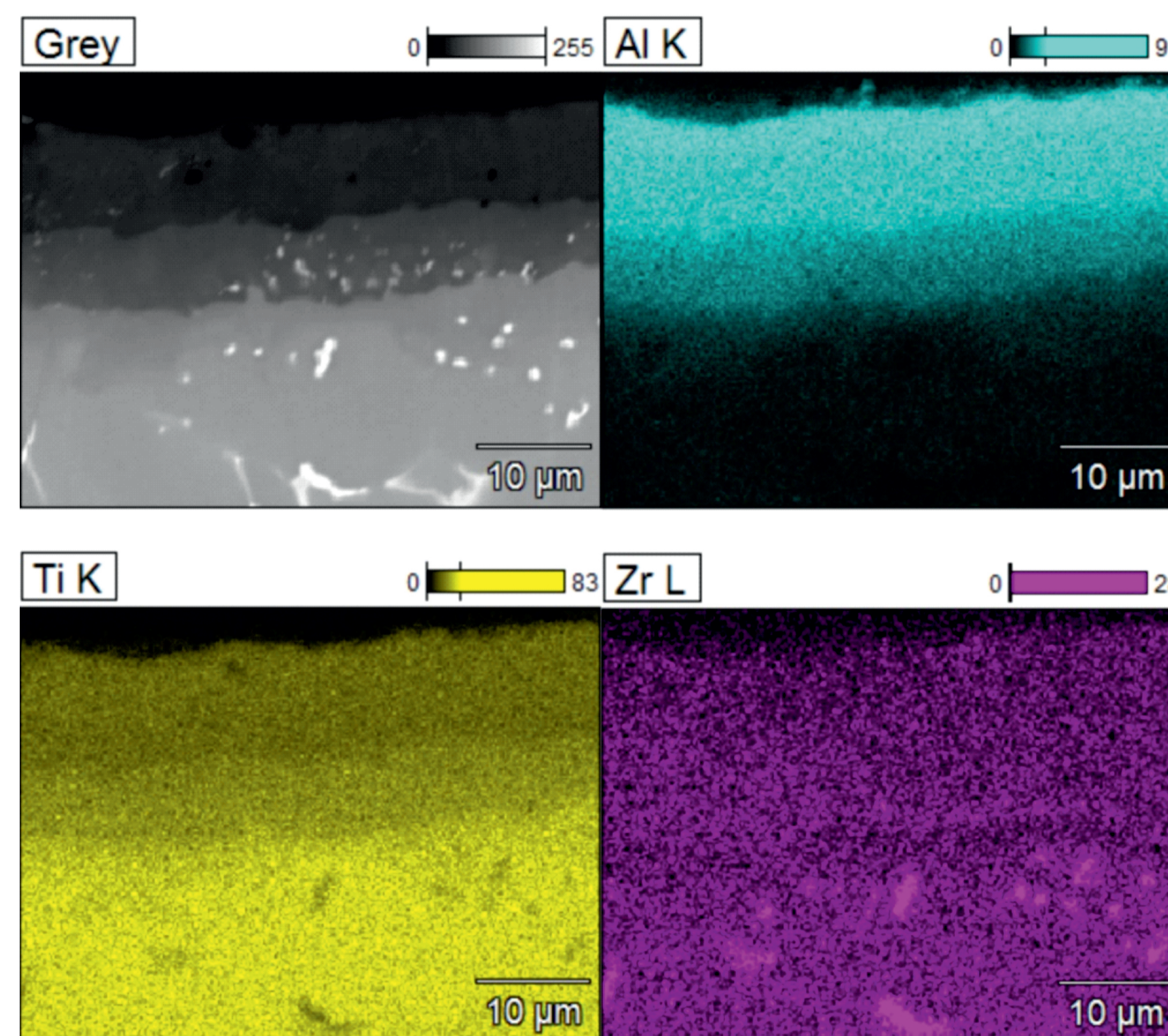
The complex stress state is formed in the sample with TBC during uniaxial tension test. It is therefore necessary to perform numerical simulations to determine the state of stress and strain in the cross section of the sample.

#### Wyniki badań Results

##### Dyfuzyjne warstwy powierzchniowe z fazami międzymetalicznymi z układu TiAl Diffusion surface layers with TiAl intermetallic phase

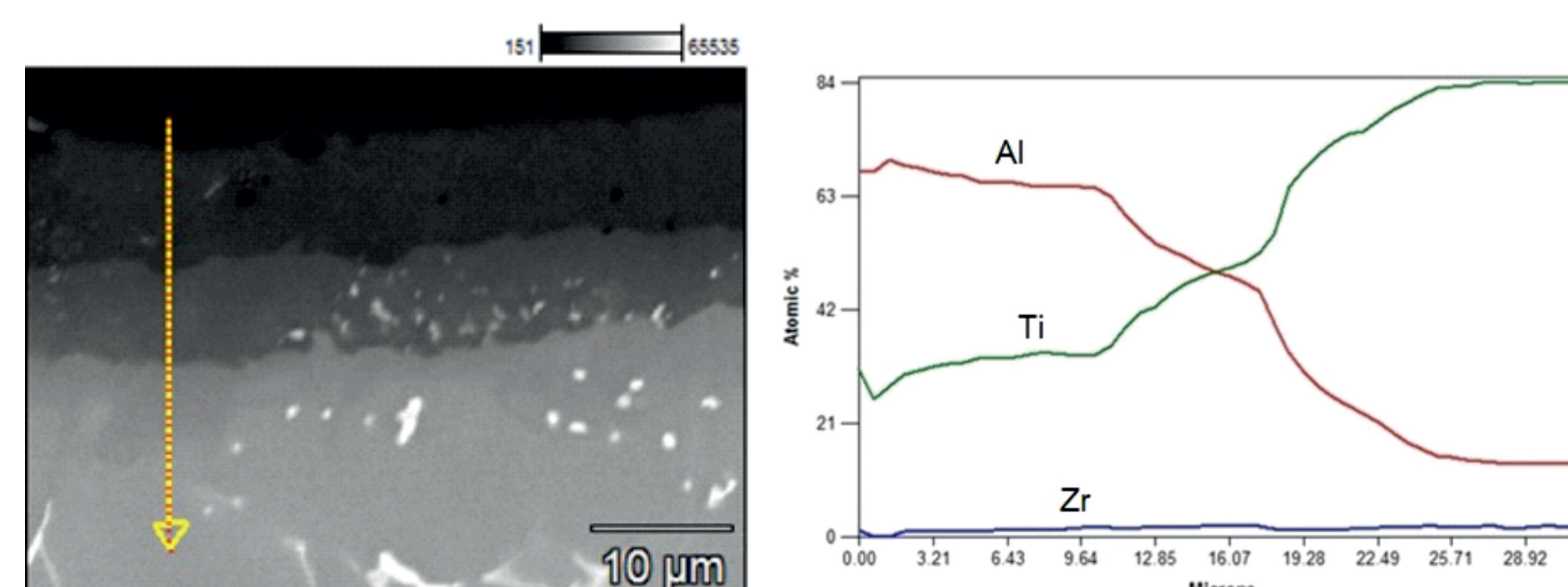
Zakres badań

- wytworzenie dyfuzyjnych warstw powierzchniowych zawierających fazy międzymetaliczne z układu TiAl metodą kontaktową gazową na podłożu stopu tytanu Timetal 1100;
- wytworzenie barier ciepłych metodą LPPS (Low Pressure Plasma Spraying) na podłożu stopu tytanu Timetal 1100;
- badania morfologii warstw (HITACHI SU 70);
- określenie składu chemicznego w mikroskali EDS (HITACHI SU 70);
- określenie składu fazowego warstw (Bruker D8 Advance);
- badania odporności korozyjnej metodą potencjodynamiczną i potencjostatyczną stopu tytanu Timetal 1100 w stanie wyjściowym oraz z warstwą TiAl w zakwaszonym (pH=4) roztworze 0.1M NaCl.



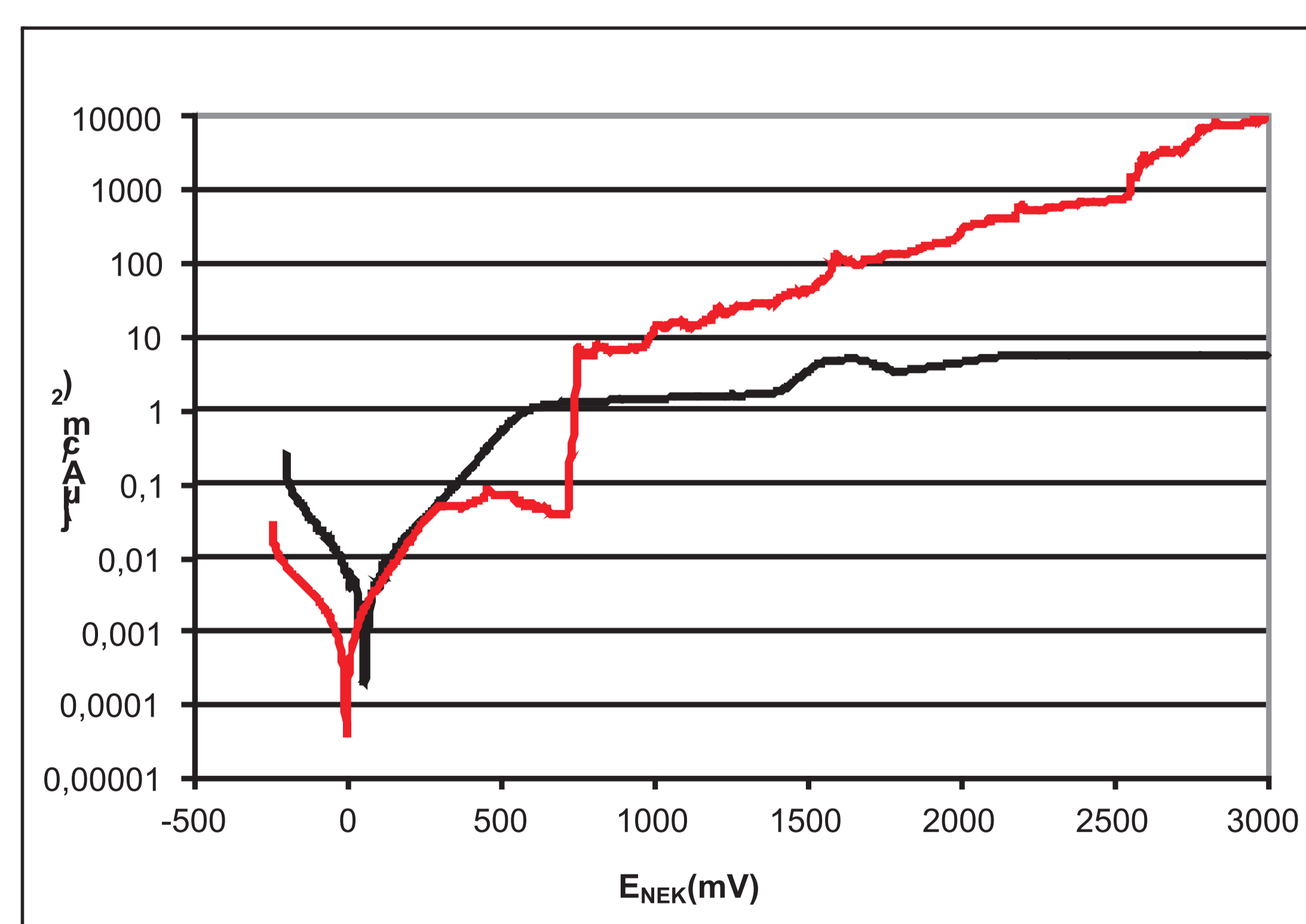
Mapy EDS zawartości pierwiastków na przekroju aluminikowej warstwy wytworzonej na podłożu stopu tytanu Timetal 1100

EDS maps of the element distributions on a transverse cross-section of the aluminide layer produced on Timetal 1100.



Rozkład liniowy stężeń pierwiastków : Ti, Al, Zr na przekroju poprzecznym warstwy wytworzonej metodą pack-cementation na podłożu stopu tytanu Timetalu 1100

Linear distribution of Ti, Al and Zr on a cross-section of the layer produced on Timetal 1100 by the pack cementation method.



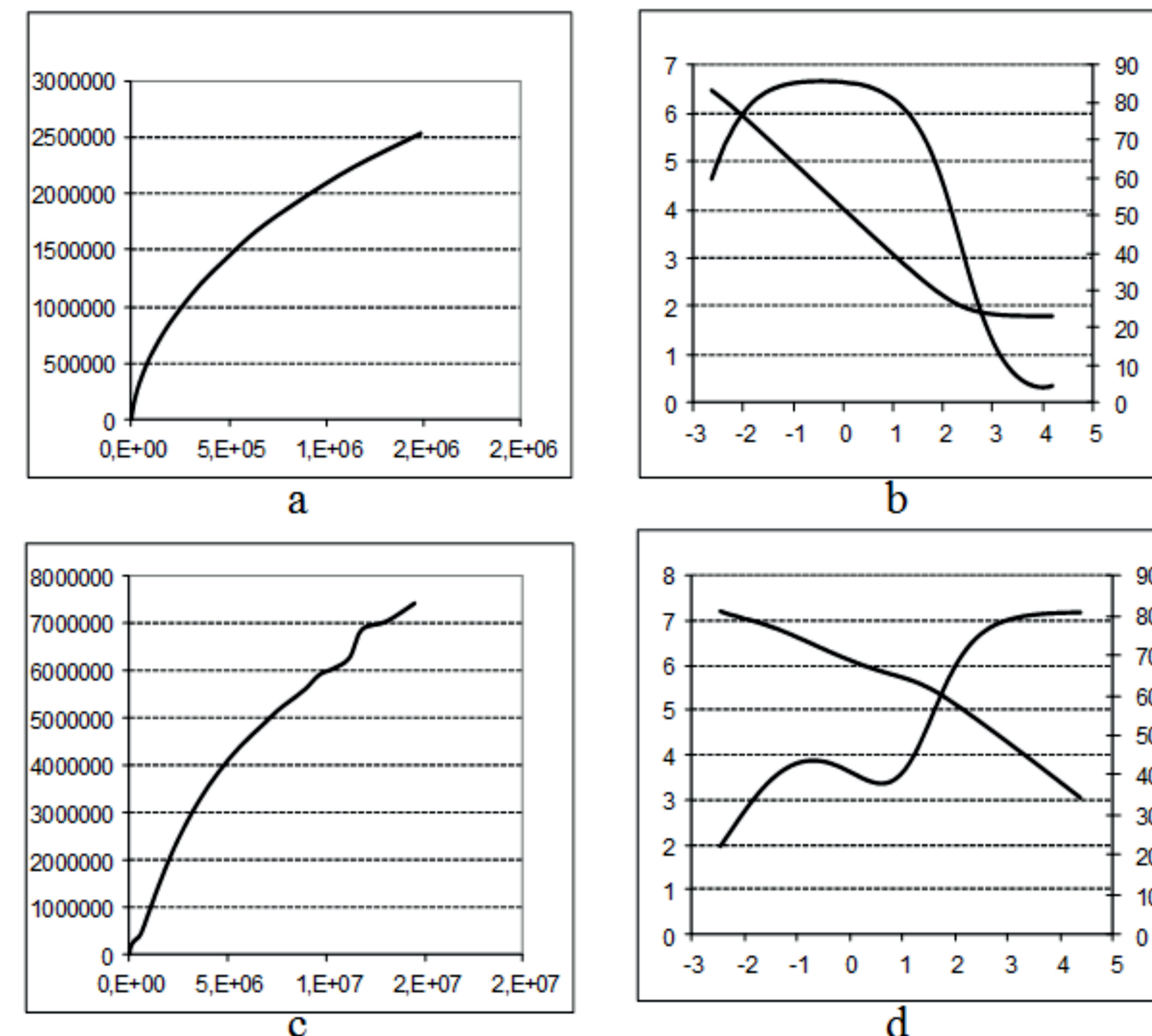
Krzywe polaryzacyjne stopu tytanu Timetal 1100: (a) w stanie wyjściowym, (b) z warstwą TiAl eksponowanych w zakwaszonym (pH=4) roztworze 0.1M NaCl

Polarization curves of the Timetal 1100 titanium alloy: (a) in the initial state, (b) with the TiAl layer, exposed to an acidic 0.1M NaCl solution (pH=4).

Charakterystyczne wartości wielkości elektrochemicznych badanych materiałów eksponowanych w zakwaszonym (pH=4) roztworze 0.1M NaCl (badania potencjodynamiczne)

Characteristic values of the electrochemical parameters of the materials, examined in the present study, exposed to an acidic 0.1M NaCl solution (potentiodynamic method).

	$I_{cor}$ ( $\mu A/cm^2$ )	$E_{cor}$ (mV)	$E_{pp}$ (mV)
Timetal 1100 w stanie wyjściowym	0,003	55	Pow.3000
Timetal 1100 z warstwą TiAl	0,0008	-10	715



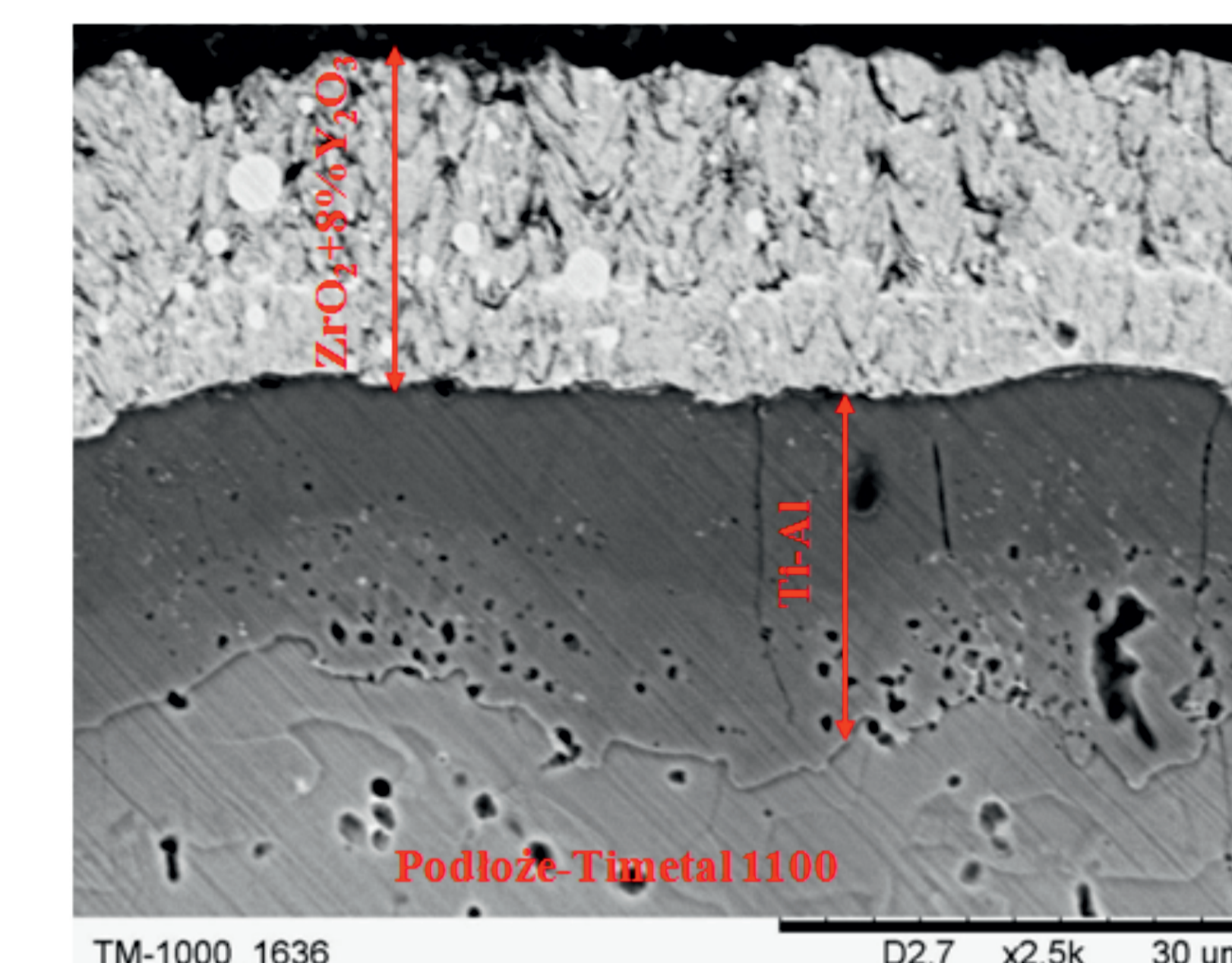
Widma impedancyjne stopu tytanu Timetal 1100: (a i b) w stanie wyjściowym, (c i d) z warstwą TiAl eksponowanych w zakwaszonym (pH=4) roztworze 0.1M NaCl

Impedance spectra of the Timetal 1100 titanium alloy: (a,b) in the initial state, (c,d) with the TiAl layer, exposed to an acidic 0.1M NaCl solution (pH=4).

Charakterystyczne wartości wielkości elektrochemicznych badanych materiałów eksponowanych w zakwaszonym (pH=4) roztworze 0.1M NaCl (badania impedancyjne)

Characteristic values of the electrodynamic parameters of the materials, examined in the present study, exposed to an acidic 0.1M NaCl (impedance method).

	R(RQ)/RQ	R ( $\Omega cm^2$ )	R1	R2
Timetal 1100 w stanie wyjściowym			5,36E+01	6,22E+06
		$Y_{CPE}(F/cm^2*s^{(n-1)})$	5,38E-04	1,63E-05
		n	0,63	0,95
Timetal 1100 z warstwą TiAl	(Q)(R(RQ))	R ( $\Omega cm^2$ )	5,28E+05	2,39E+07
		$Y_{CPE}(F/cm^2*s^{(n-1)})$	1,98E-08	3,00E-07
		n	0,90	0,59



Mikrostruktura bariery ciepłej TBC wytworzonej na podłożu stopu tytanu Timetal 1100

Microstructure of the TBC thermal barrier coating produced on a Timetal 1100 substrate.

#### Wnioski Conclusions

Proces aluminiowania stopu tytanu Timetal 1100 realizowany metodą kontaktową gazową (pack-cementation) umożliwia wytworzenie dyfuzyjnej warstwy międzymetalicznej TiAl o grubości ok. 16µm

Wytworzona warstwa charakteryzuje się dobrą przyczepnością do podłoża, poprawia odporność korozyjną stopu tytanu Timetal 1100 w zakwaszonym (pH=4) roztworze 0.1M NaCl i może być stosowana jako podwarstwa bariery ciepłej

Metodą LPPS możliwe jest wytworzenie powłoki ceramicznej ZrO<sub>2</sub>+8%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> charakteryzującej się wysoką przyczepnością do międzymetalicznej warstwy TiAl

Aluminizing of the Timetal 1100 titanium alloy by the pack-cementation method yields a diffusion TiAl intermetallic layer about 16µm thick.

The layer shows good adherence to the substrate, increases the corrosion resistance of the Timetal 1100 titanium alloy in an acidic 0.1M NaCl solution (pH=4), and can be used as the sub-layer of a thermal barrier.

The LPPS method permits producing a ZrO<sub>2</sub>+8%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic coating which is characterized by very good adherence to the TiAl intermetallic layer.

#### 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
- R. Sitek, D. Kukla, K.J. Kurzydłowski, *Structure and properties of the CrN+Cr<sub>2</sub>Ni<sub>3</sub> layer produced on Inconel 740 by pulse plasma ion nitriding at a frequency of 10kHz*, Plasma Application and Hybrid Functionally Materials Vol. 22 (2013) 37-38. (Proceedings of The 20th Annual Meeting of IAPS International Workshop 2013 in Malaysia

##### 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
- R. Sitek, J. Kamiński, J. Borysiuk, H. Matysiak, K. Kubiak, K.J. Kurzydłowski, *Microstructure and properties of titanium aluminides on Ti6Al4V titanium alloy produced by chemical vapor deposition method*, Intermetallics 36 (2013) 36-44