

# 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

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

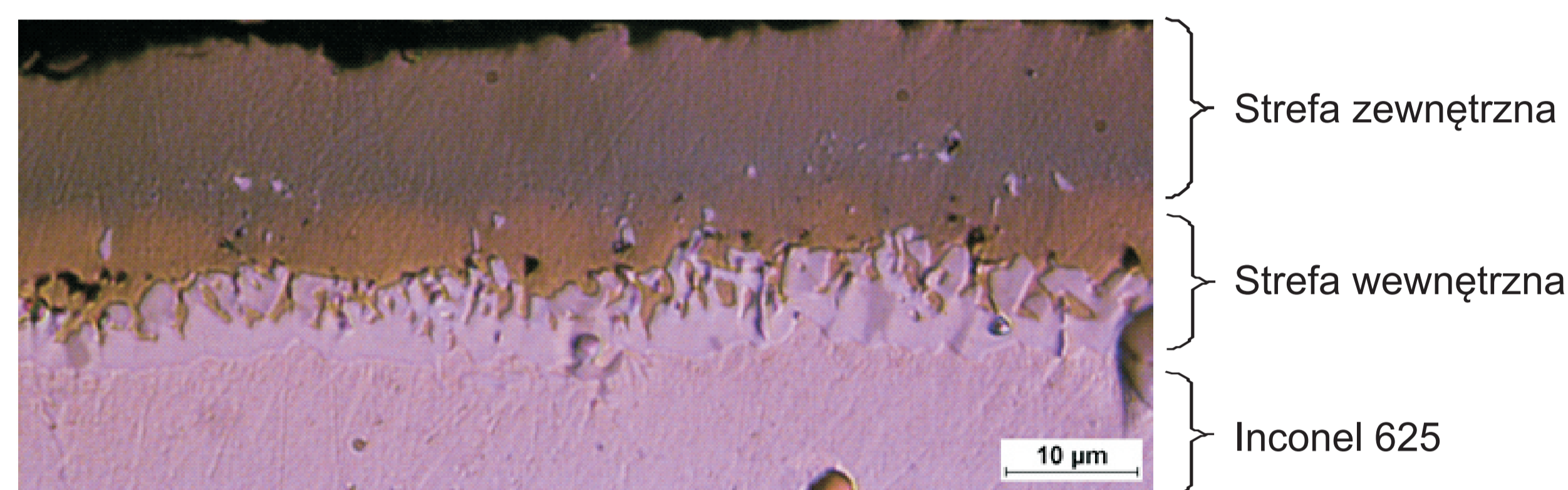
#### Wyniki badań

#### Results

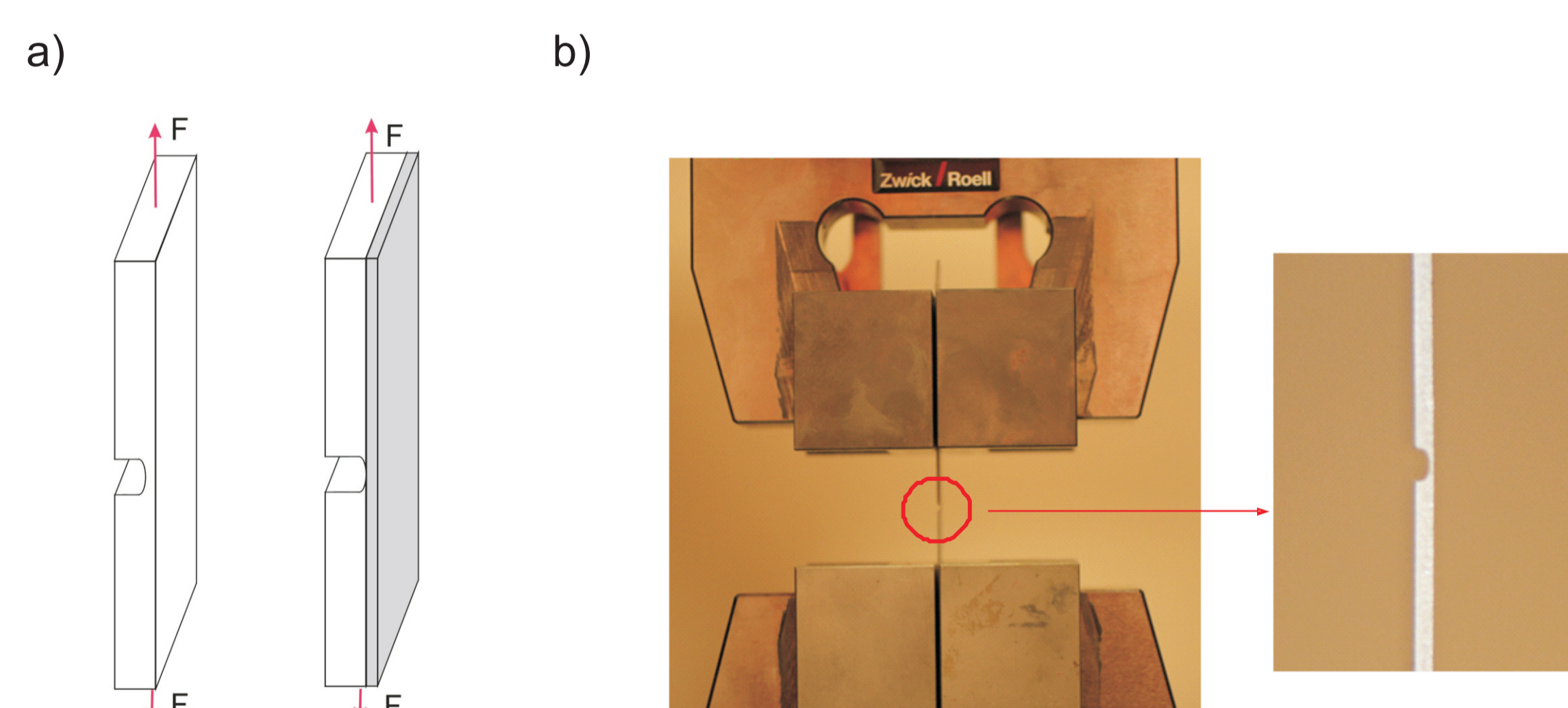
Celem pracy było określenie właściwości mechanicznych powłoki aluminidkowej wytworzonej na nadstopie 625 w procesie aluminowania dyfuzyjnego. Badano wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość na zginanie i nanotwardość powłoki aluminidkowej i materiału bazowego - nadstopu Inconel 625. Obserwacje pęknięć, przelomów badanych próbek oraz analizę składu chemicznego przeprowadzono z wykorzystaniem mikroskopu SEM z EDS oraz LM. Badania przeprowadzono na próbkach o przekroju prostokątnym o wymiarach 19mmx1mm i długości 40mm-160mm zależnie od metody badawczej.

Badania wytrzymałości na rozciąganie i zginanie wykonano na maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roell BT1-FB020TN.D30. Badania LM wykonano na mikroskopie Nikon ECLIPSE MA200. Badania SEM z EDS wykonano na mikroskopie elektronowo-jonowym FEI Quanta 3D 200i. Pomiary nanotwardości wykonano na urządzeniu CSM przy obciążeniu  $F=10$  mN.

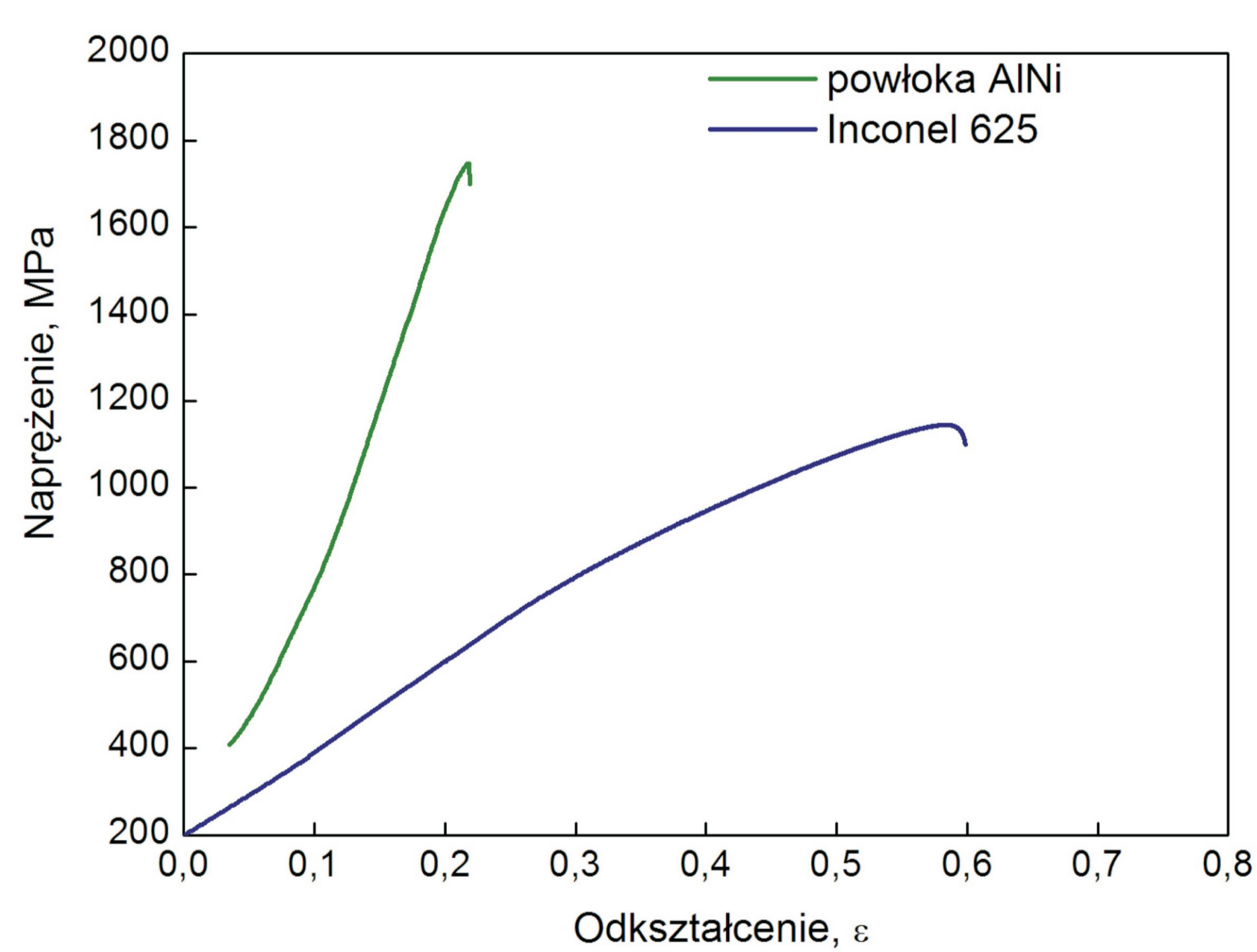
The aim of the study was to determine the mechanical properties of the aluminide coating formed on the superalloy 625 in the aluminising diffusion process. Specimens of aluminide coating and specimens of base material were tested for tensile strength, bending strength and nano-hardness. The observation of cracks on the coating and fracture of the samples, also analysis of chemical composition was performed by using SEM, EDS and LM. The tests were performed on samples of rectangular cross-section about size 9mmx1mm and length 40mm-160mm, depending on the test method.



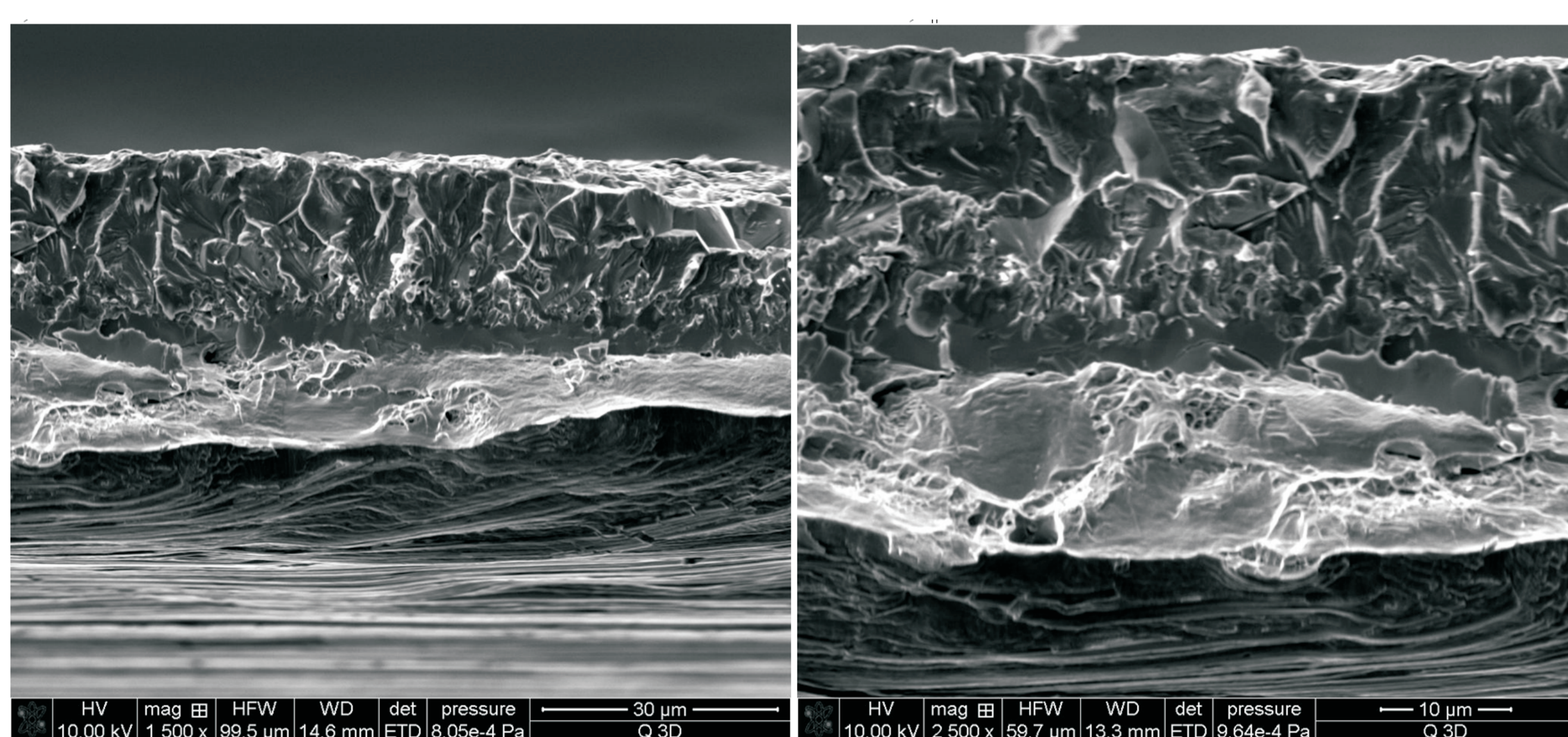
Rys. 1. Mikrostruktura LM powłoki aluminidkowej  
Fig. 1. Microstructure LM of aluminide coatings



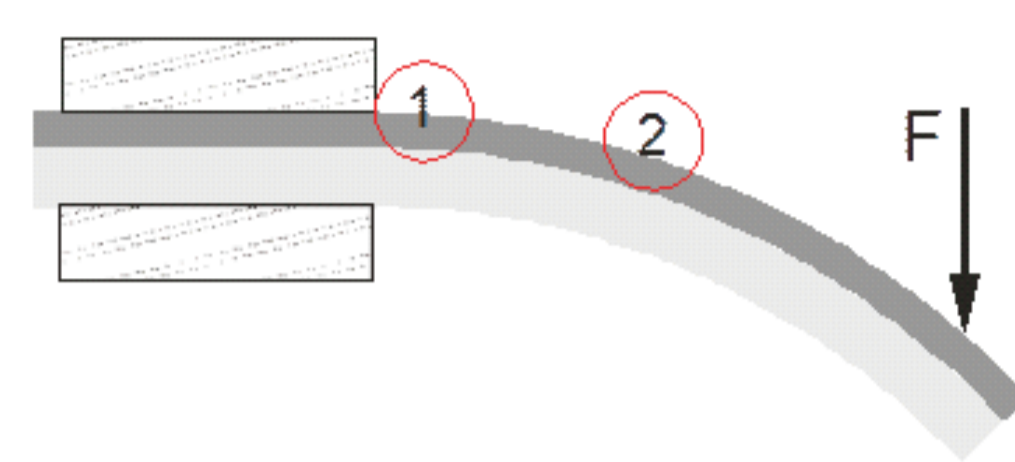
Rys. 2. Próbkę do badań wytrzymałości na rozciąganie  
Fig. 2. Tensile test specimen, scheme, view of the sample on the device



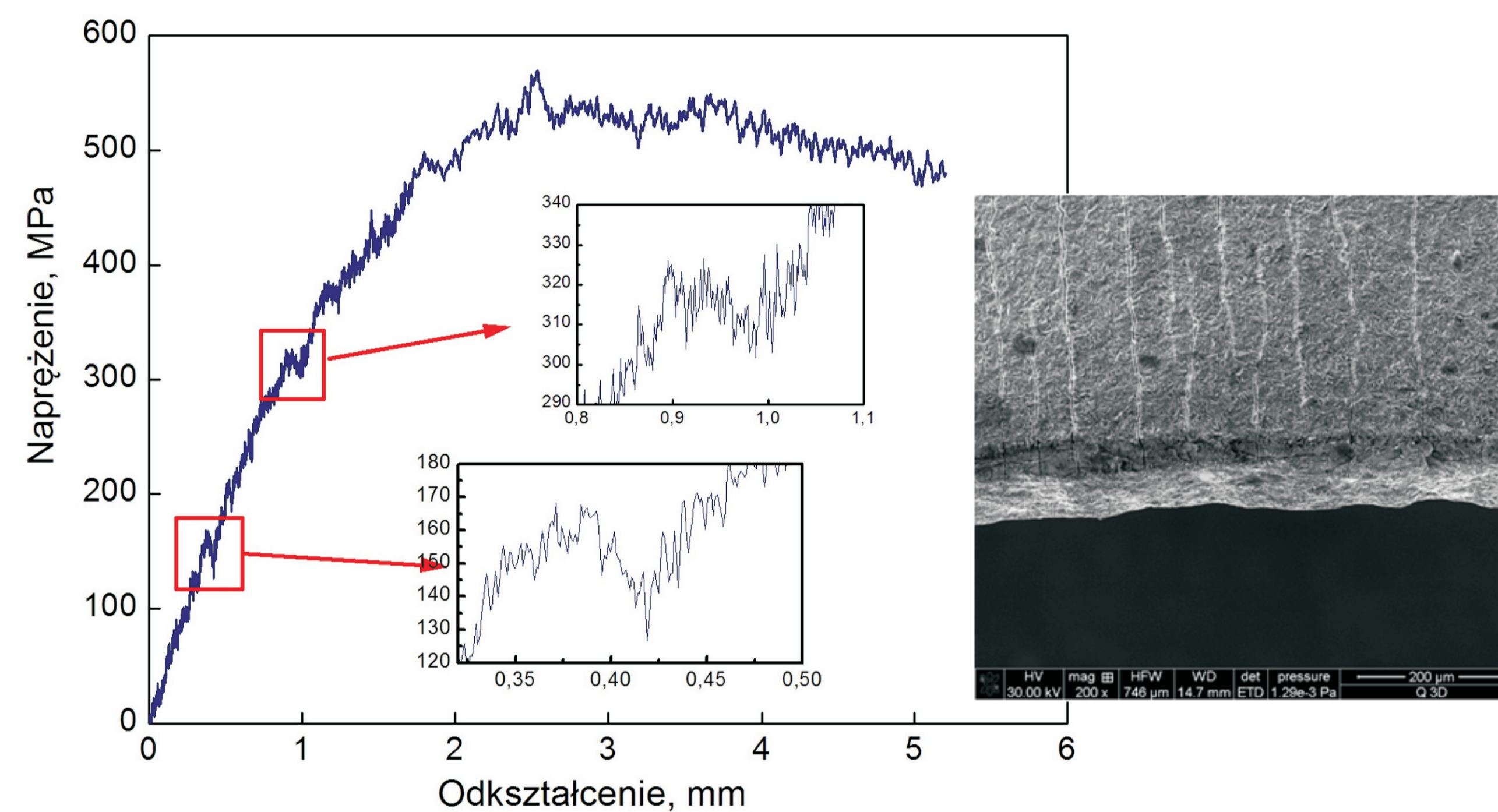
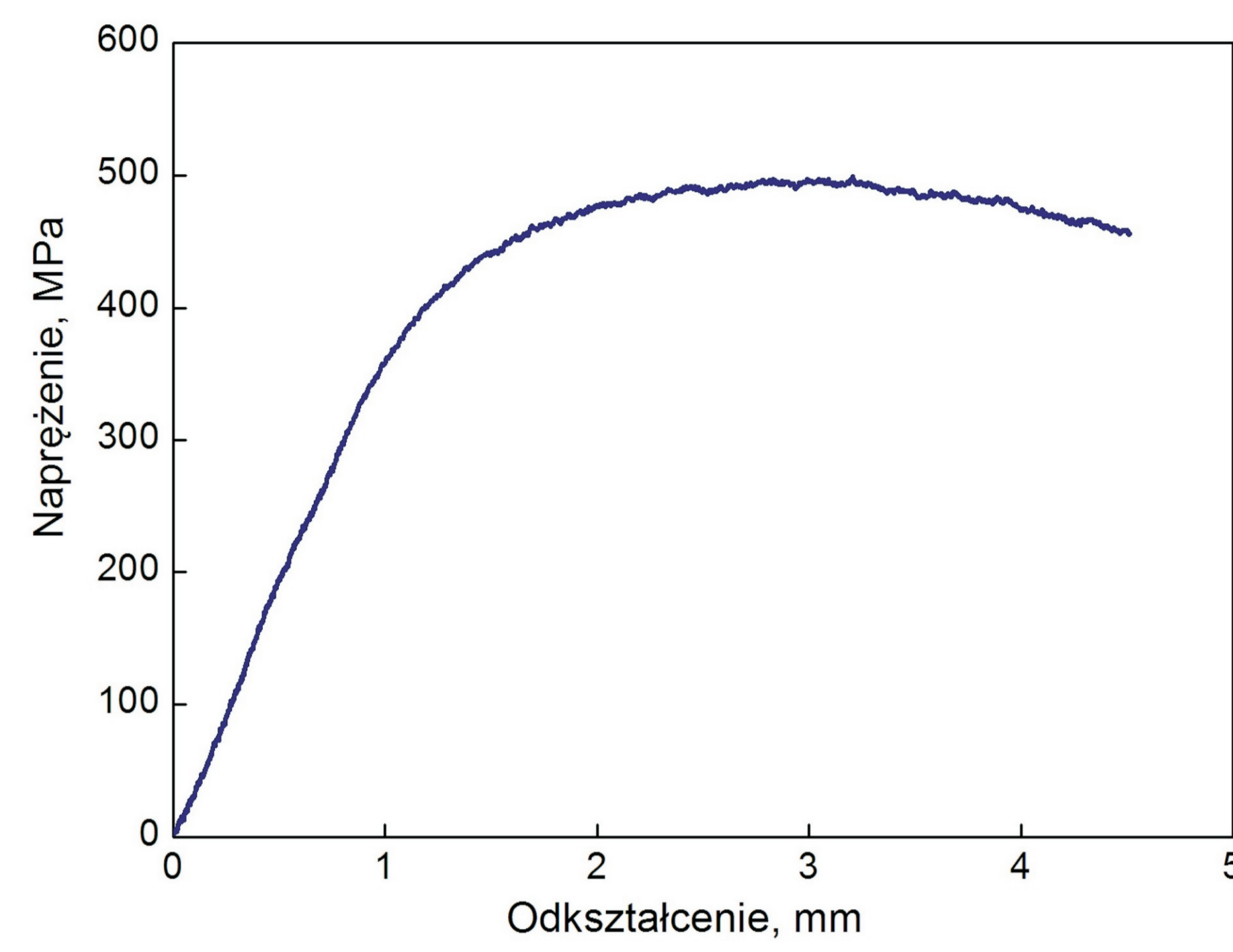
Rys. 3. Przykładowe krzywe rozciągania próbki bez powłoki (Inconel 625) i z powłoką aluminidkową (AlNi)  
Fig. 3. Examples of stress-strain curves of the sample without coating (Inconel 625) and aluminide coating (AlNi)



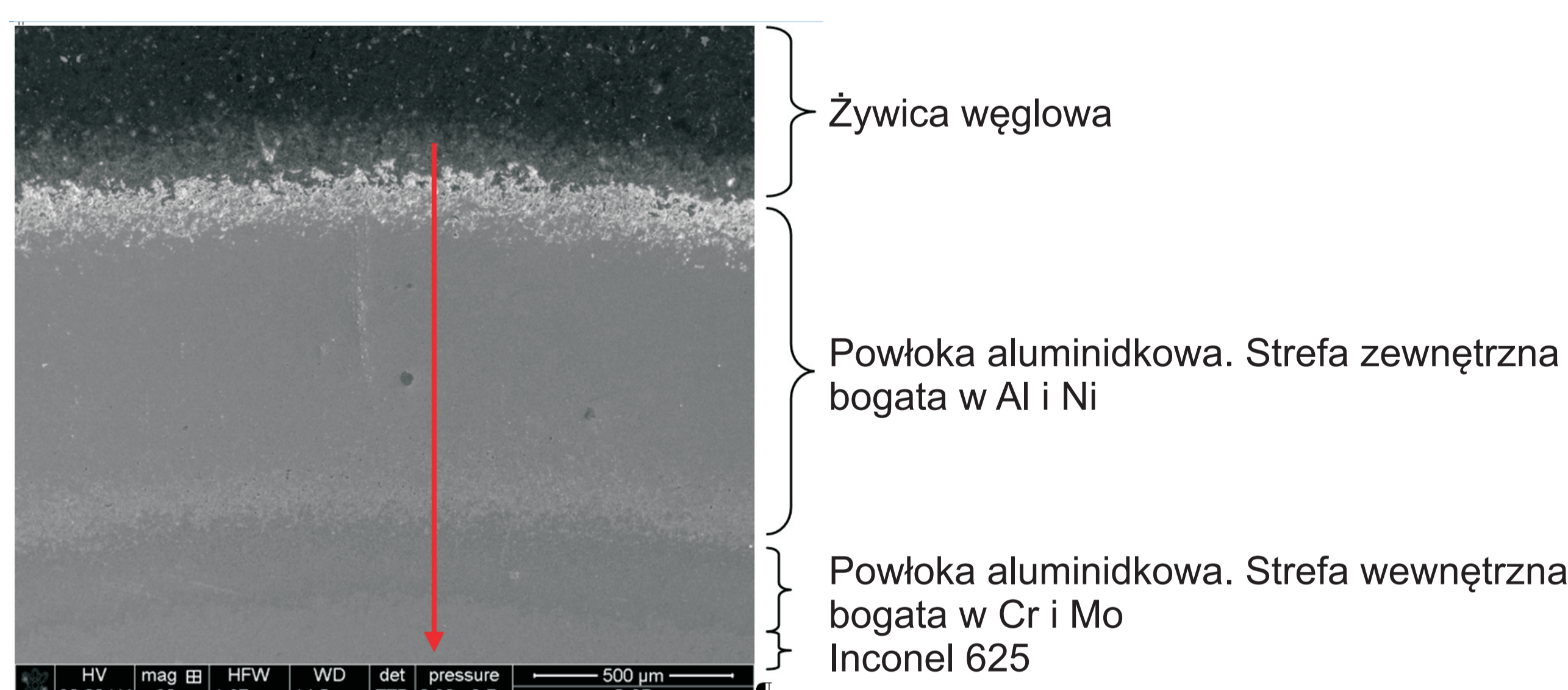
Rys. 4. Przelom w miejscu zerwania powłoki aluminidkowej  
Fig. 4. Structure of aluminide coating (in place breaking)



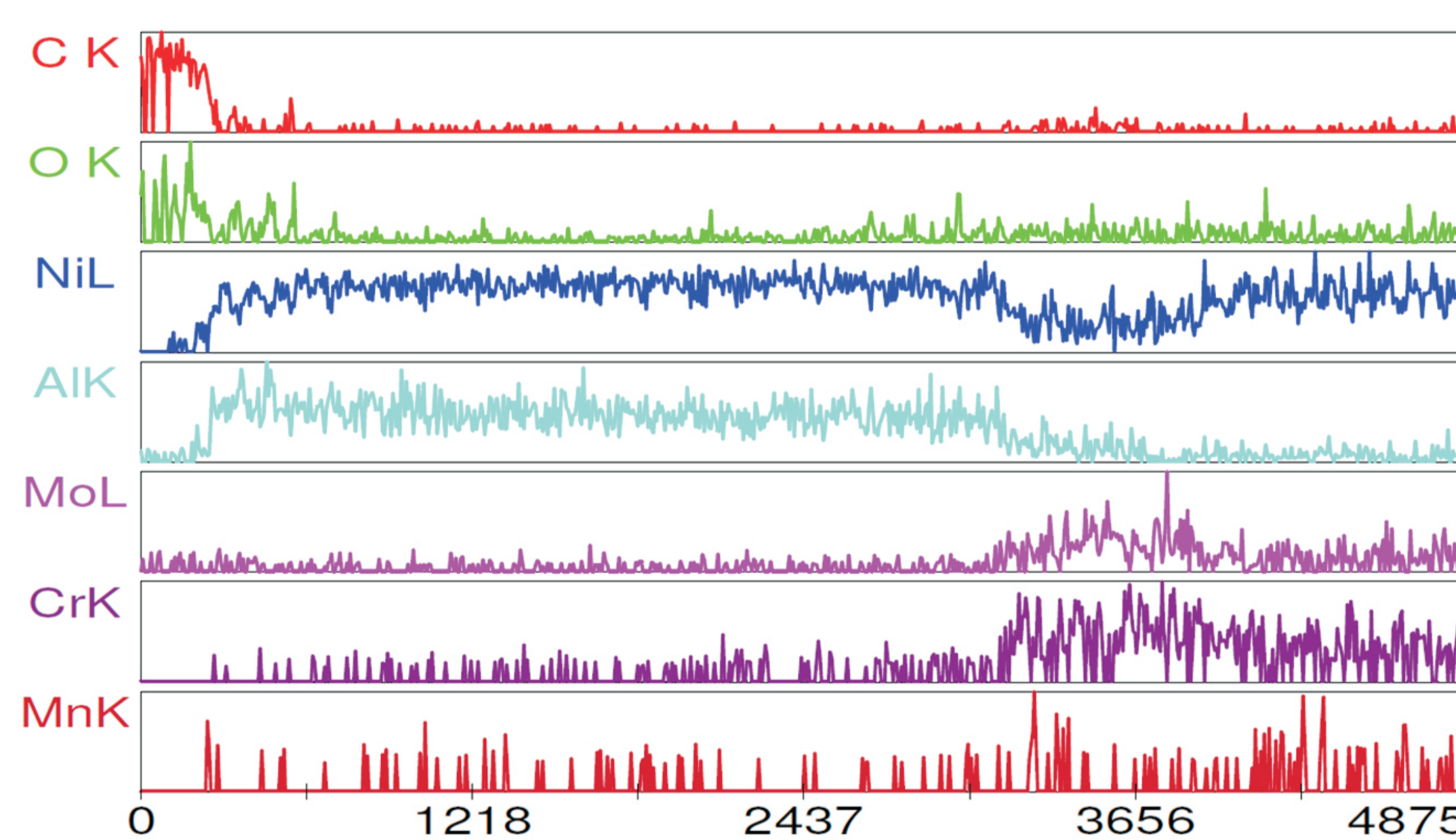
Rys. 5. Schemat mocowania próbki podczas próby zginania  
Fig. 5. Bending test specimen, scheme, view of the sample with AE sensor



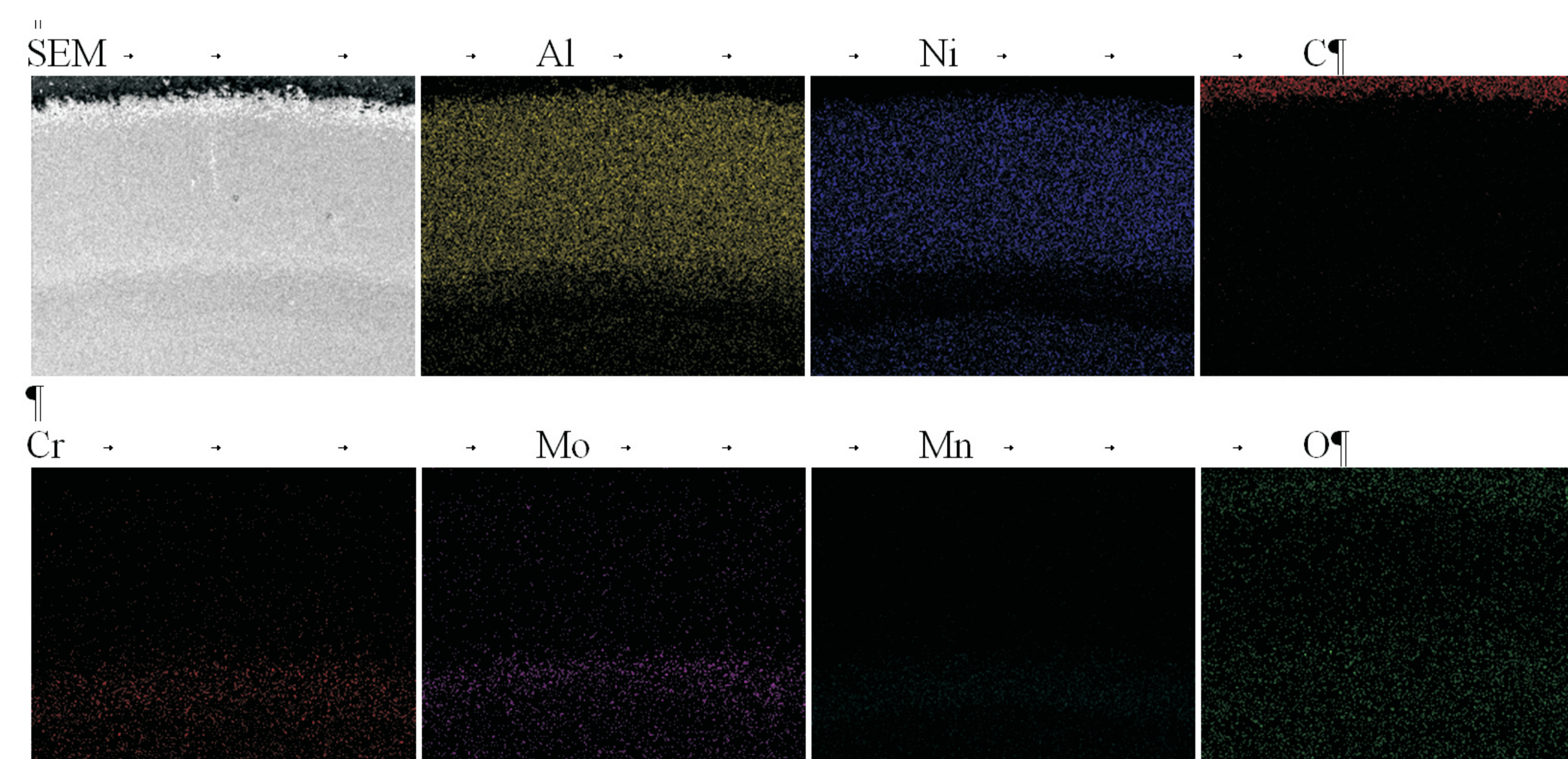
Rys. 6. Krzywe zginania próbki bez powłoki aluminidkowej (u góry), z powłoką aluminidkową, widok pęknięcia powłoki (na dole)  
Fig. 6. The curve of bending of specimen without aluminide coating (up), with aluminide coating, view of the crack of coating (down)



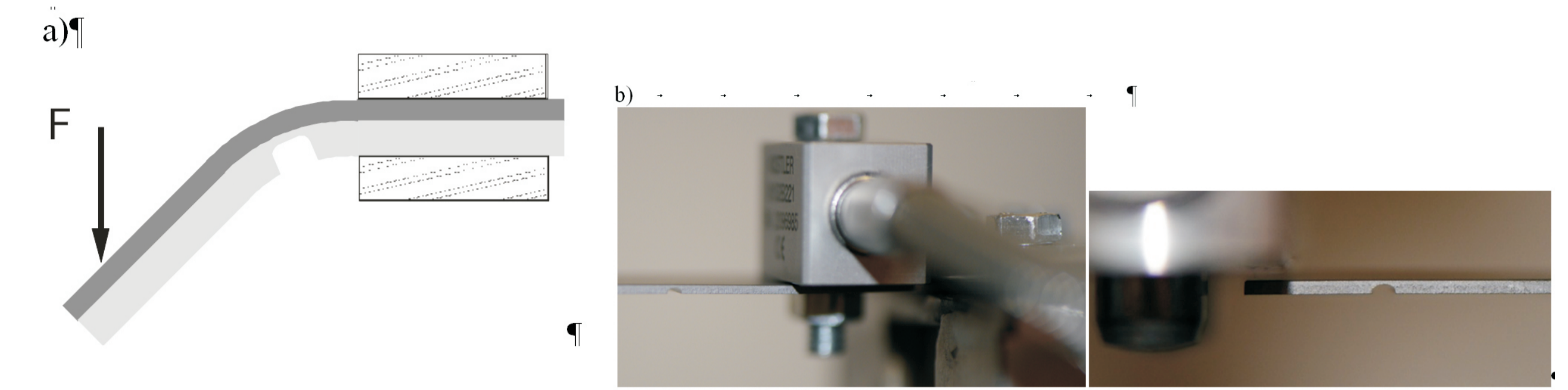
Rys. 7. Mikrostruktura powłoki aluminidkowej na nadstopie Inconel 625  
Fig. 7. The microstructure of the aluminide coating



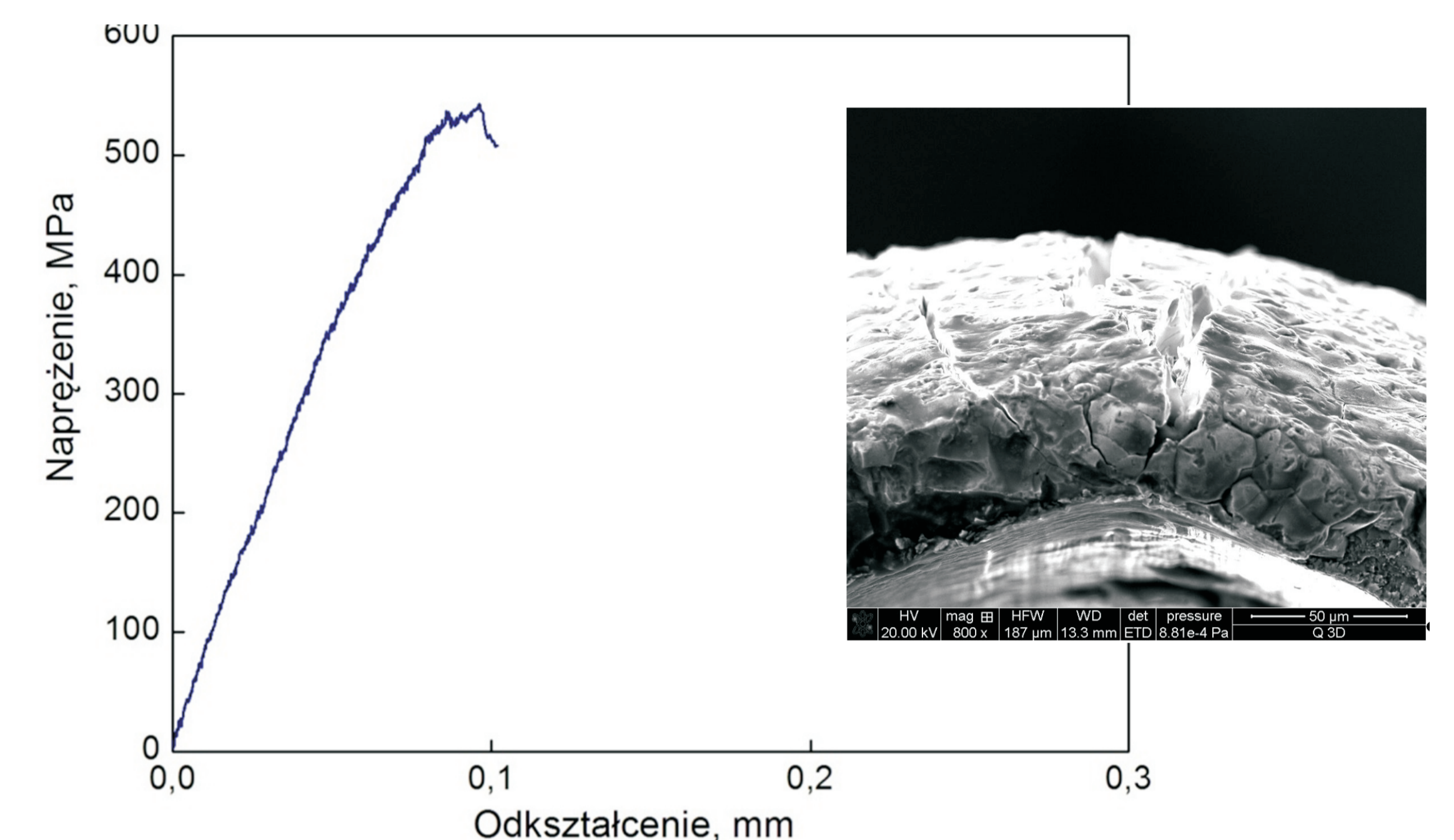
Rys. 8. Mikrostruktura powłoki aluminidkowej z liniową analizą składu chemicznego EDS  
Fig. 8. Aluminide coating microstructure with chemical EDS analysis



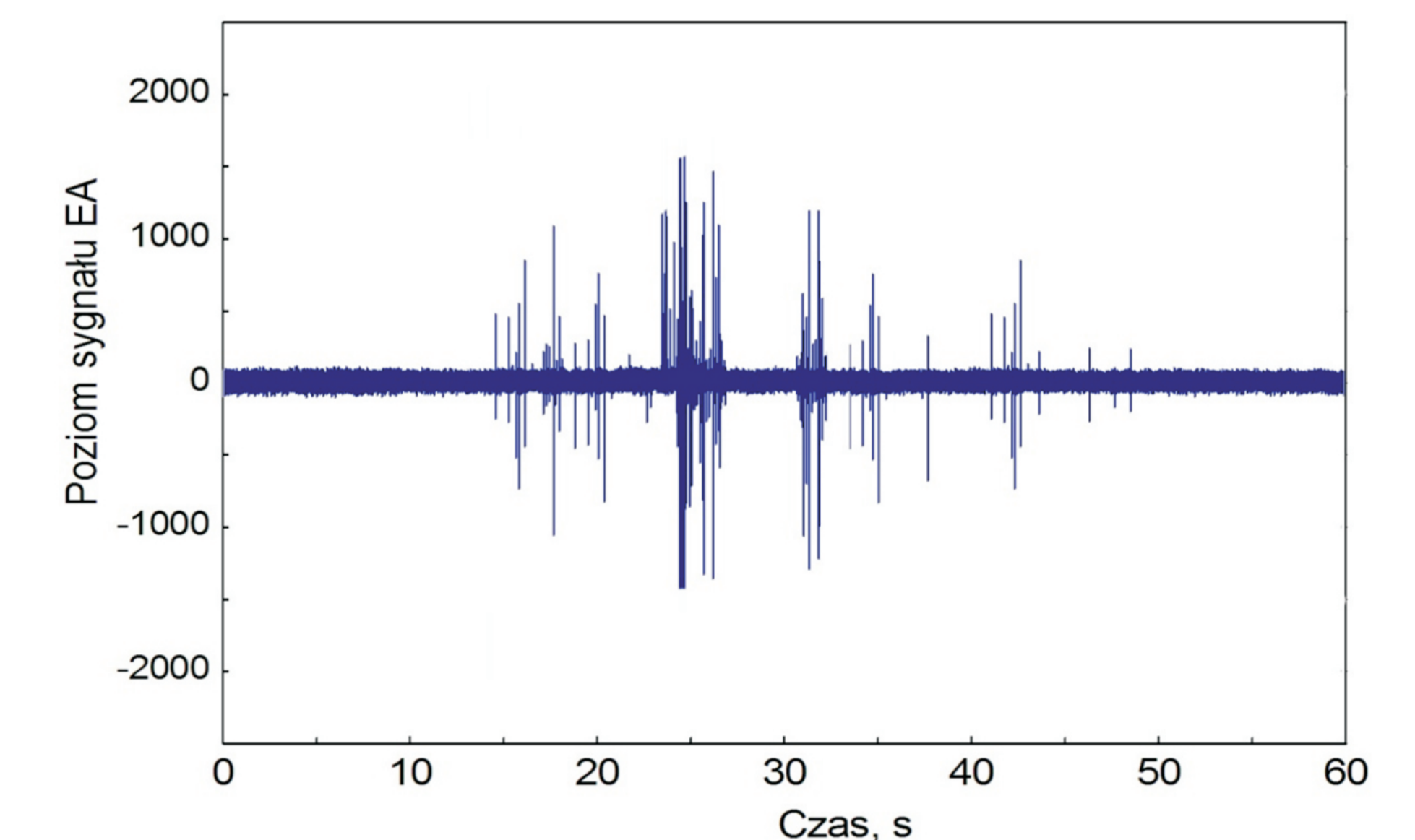
Rys. 9. Mapy składu chemicznego EDS powłoki aluminidkowej  
Fig. 9. EDS mapping of aluminide coating



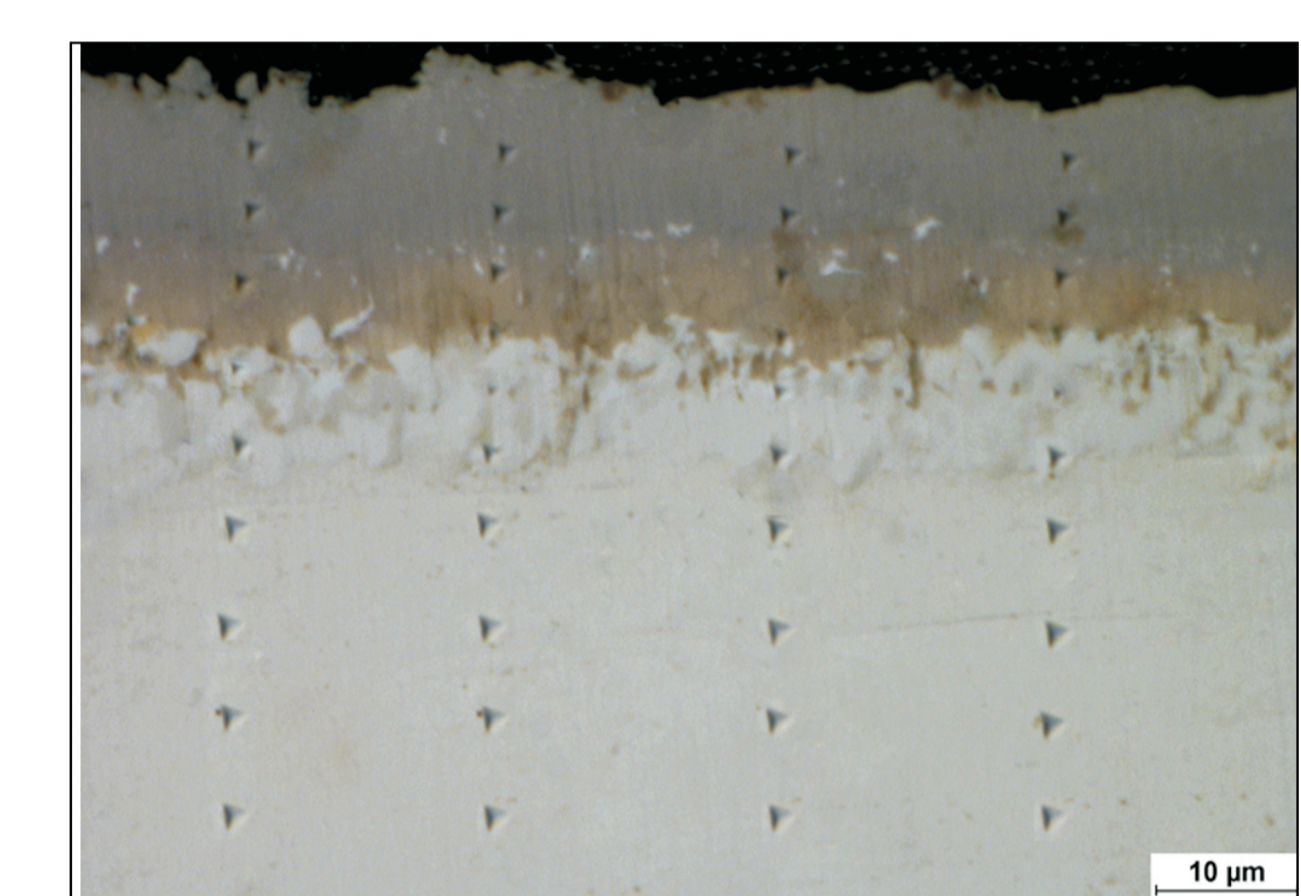
Rys. 10. Próbkę z karbem użyta w próbie zginania wraz z zamocowanym sensorem AE  
Fig. 10. Bending test notched specimen, scheme, view of the sample with AE sensors



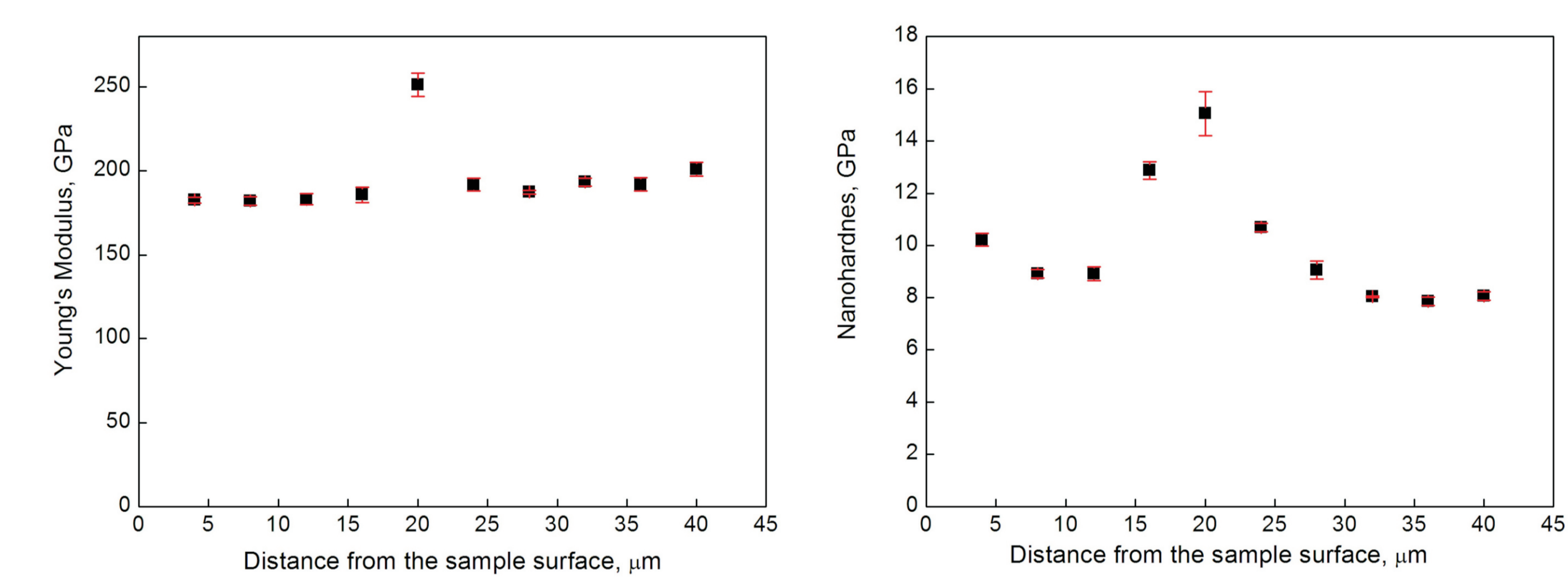
Rys. 11. Wyniki badań z próby zginania  
Fig. 11. Results of test bending



Rys. 12. Amplituda sygnału emisji akustycznej generowanego podczas zginania próbki z karbem  
Fig. 12. EA signal amplitude during the bending test of notched specimen



Rys. 13. Schemat pomiaru nanotwardości  
Fig. 13. The scheme of nano-hardness measurement



Rys. 14. Moduł Younga (z lewej), nanotwardość (po prawej) w funkcji odległości od powierzchni powłoki  
Fig. 14. Young modulus (on left), nano-hardness (on right) as function of distance from the surface coating

#### Wskaźniki realizacji celów projektu

#### Indicators of the project

#### Publikacja

Application of ea signal to evaluate the degradation of X6CrNiTi18-10 steel during tensile test, Bochnowski W., Dziedzic A., Adamiak S., Szeregij E., XI-th International Congress. Machines. Technologies. Materials '14. Varna 17-20.09.2014.

#### Wnioski

#### Conclusions

Na podstawie pomiaru sygnału EA przy próbie zginania można określić wartości naprężeń, przy których pojawiają się pierwsze pęknięcia powłoki aluminidkowej, o których nie można wnioskować z krzywej zginania. Zróżnicowanie składu chemicznego powłoki aluminidkowej może świadczyć o różnej budowie fazowej a tym samym o miejscach inicjacji początkowych pęknięć podczas działania naprężenia.

On the basis of the EA signal during bend test, can determine the values of stress (which can not be inferred from the bending curve) at which the first cracks are created in the aluminide coating. The diversity of chemical composition of the aluminide coating may indicate places in which the crack initiation occurs.