

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 Łódzka, Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

Nowoczesne bariery termiczne wytwarzane na stopie tytanu Timetal 1100 do zastosowań w przemyśle lotniczym

Modern thermal barrier coatings manufactured on titanium alloy Timetal 1100 for Aerospace Applications

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

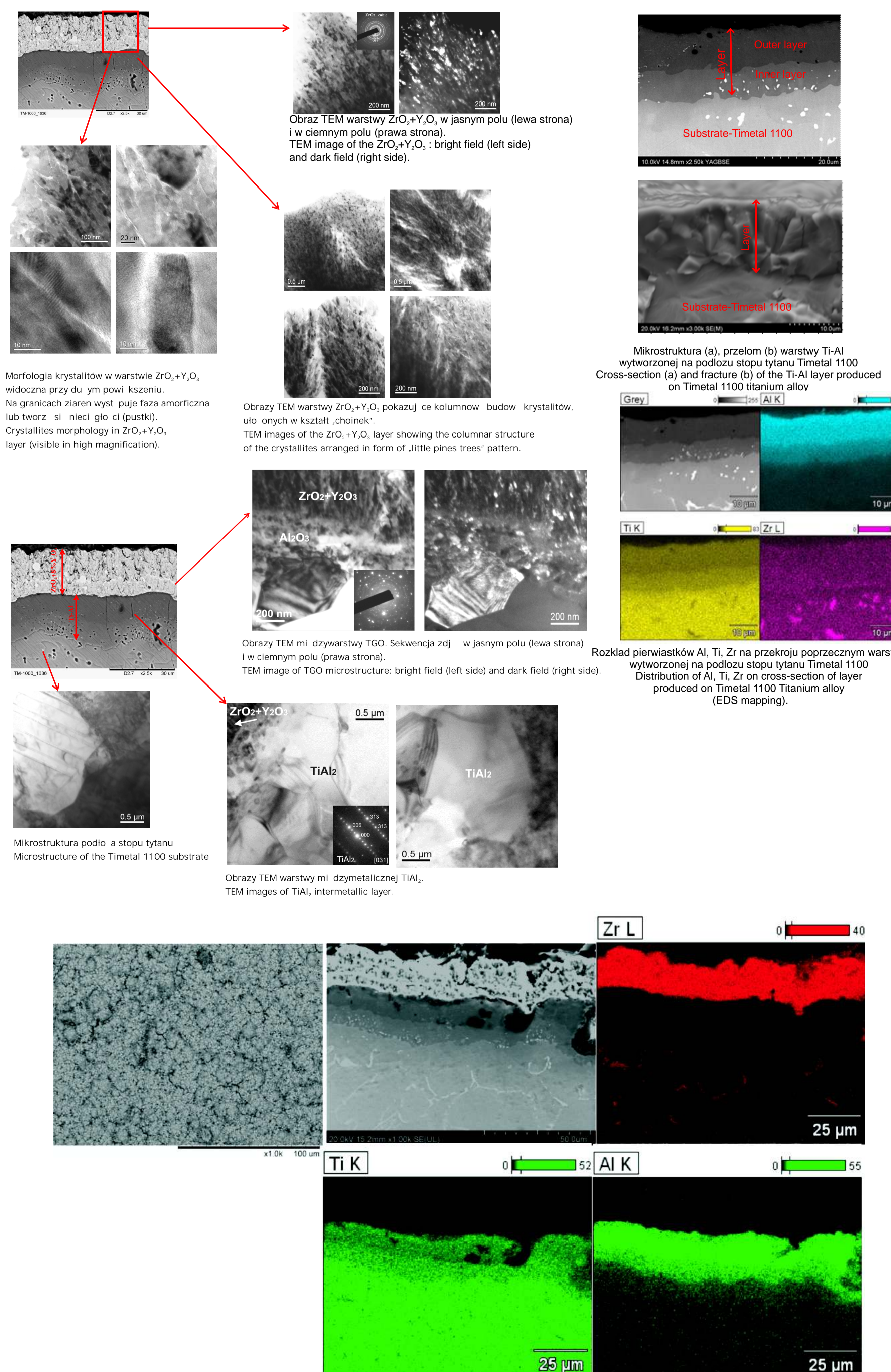
Technologia wytwarzania barier ceramicznych na podłożu stopu tytanu Timetal 1100
Manufacturing technology of ceramic barrier on titanium alloy Timetal 1100
Rozwiązanie polega na wytworzeniu innowacyjnych powłok ochronnych barier termicznych (TBC) w dwóch etapach:
(a) w pierwszym etapie wytwarza się warstwę metaliczną TiAl₃+TiAl₂
Przeprowadzone badania izotermiczne wykazały, że wytworzona warstwa poprawia odporność na utlenianie stopu tytanu Timetal 1100 w temperaturze 800C w czasie 100h w atmosferze powietrza+1% H₂O+1%SO₂.
(b) w drugim etapie metodą LPPS (Low Pressure Plasma Spraying) na dyfuzyjnej warstwie TiAl₃+TiAl₂ wytwarza się powłokę ceramiczną ZrO₂+8%Y₂O₃ o strukturze nanometrycznej zawierającej kolumny budów krystalitów.

Solution is to manufacture modern thermal barrier coatings (TBC) on the substrate of titanium alloy Timetal 1100 in two stages:
(a) The first step is to produce diffusion intermetallic TiAl₃+TiAl₂ layer
Isothermal studies have shown that manufactured layer improves the oxidation resistance of titanium alloy Timetal 1100 at 800C during 100h in air+1% H₂O+1%SO₂
(b) In second stage ZrO₂+8%Y₂O₃ ceramic coating with nanometric structure (containing columnar crystallites) on diffusion TiAl₃+TiAl₂ layer is produced by LPPS (Low Pressure Plasma Spraying) method

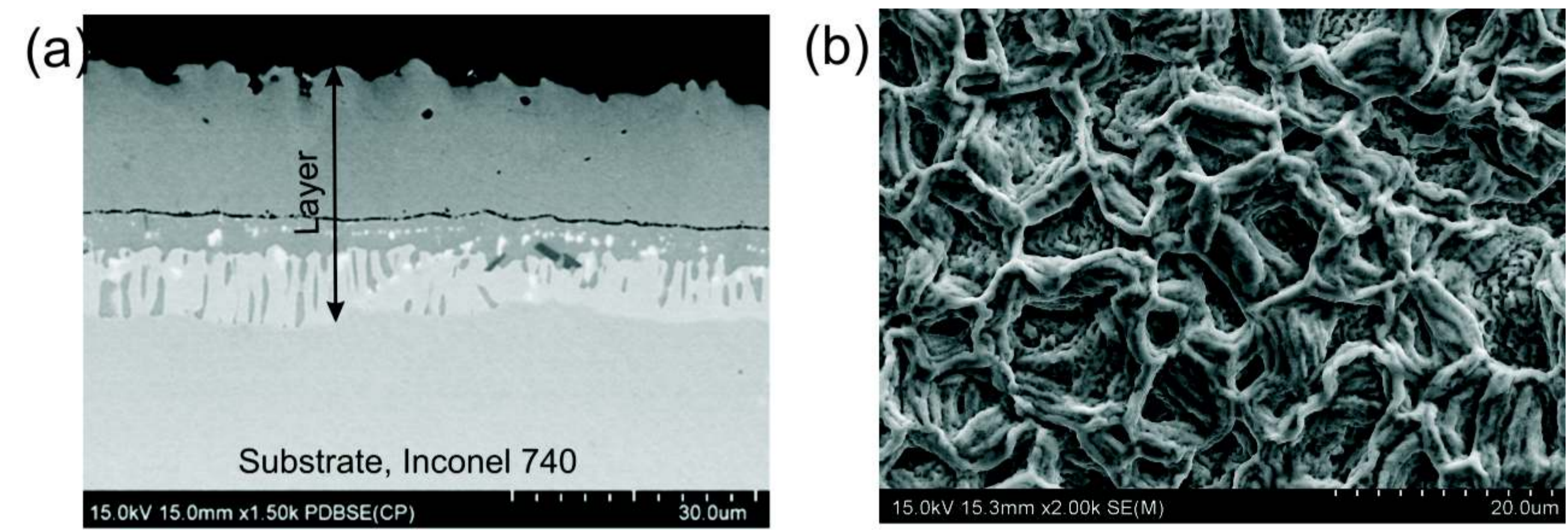
Technologia wytwarzania warstw aluminiowych metodą CVD na podłożu stopu niklu Inconel 740
Manufacturing technology of aluminate layers by CVD method on nickel alloy Inconel 740
Rozwiązanie polega na wytworzeniu odpornych i wytrzymałych dyfuzyjnych warstw aluminiowych metodą CVD osadzania z fazy gazowej na podłożu stopu niklu Inconel 740
Przeprowadzone badania odporności na zmęczenie wysokocyklowe wykazały, że stop niklu Inconel 740 posiada wszystkie właściwości wytrzymałościowe w porównaniu z podłożem bez obróbki powierzchniowej

Solution involves production of heat and high-temperature creep resistant aluminate diffusion layer by chemical vapor deposition method on a substrate of nickel alloy Inconel 740
High-cycle fatigue resistance studies showed that nickel alloy Inconel 740 exhibit higher strength than the substrate without surface treatment

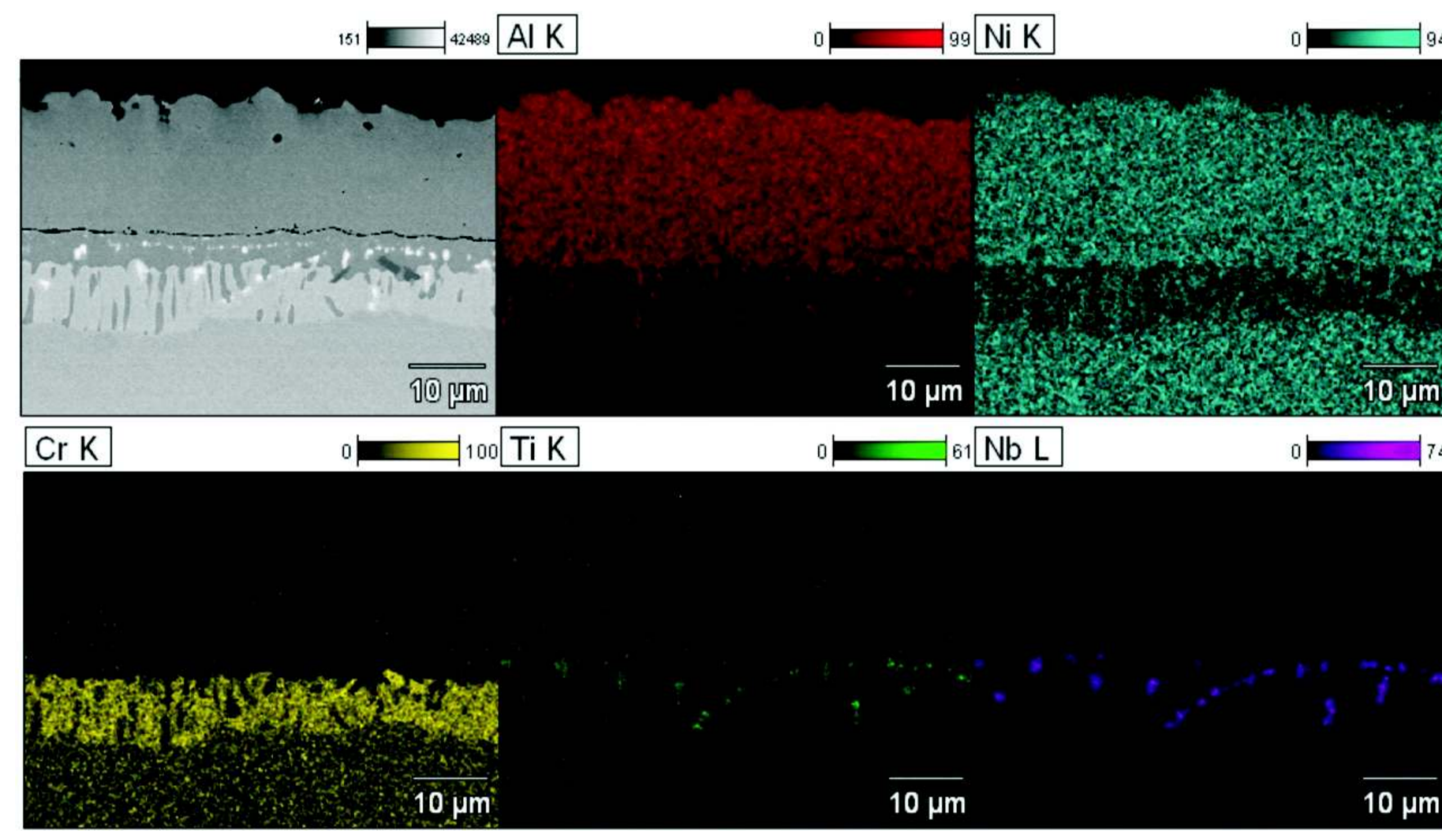
Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



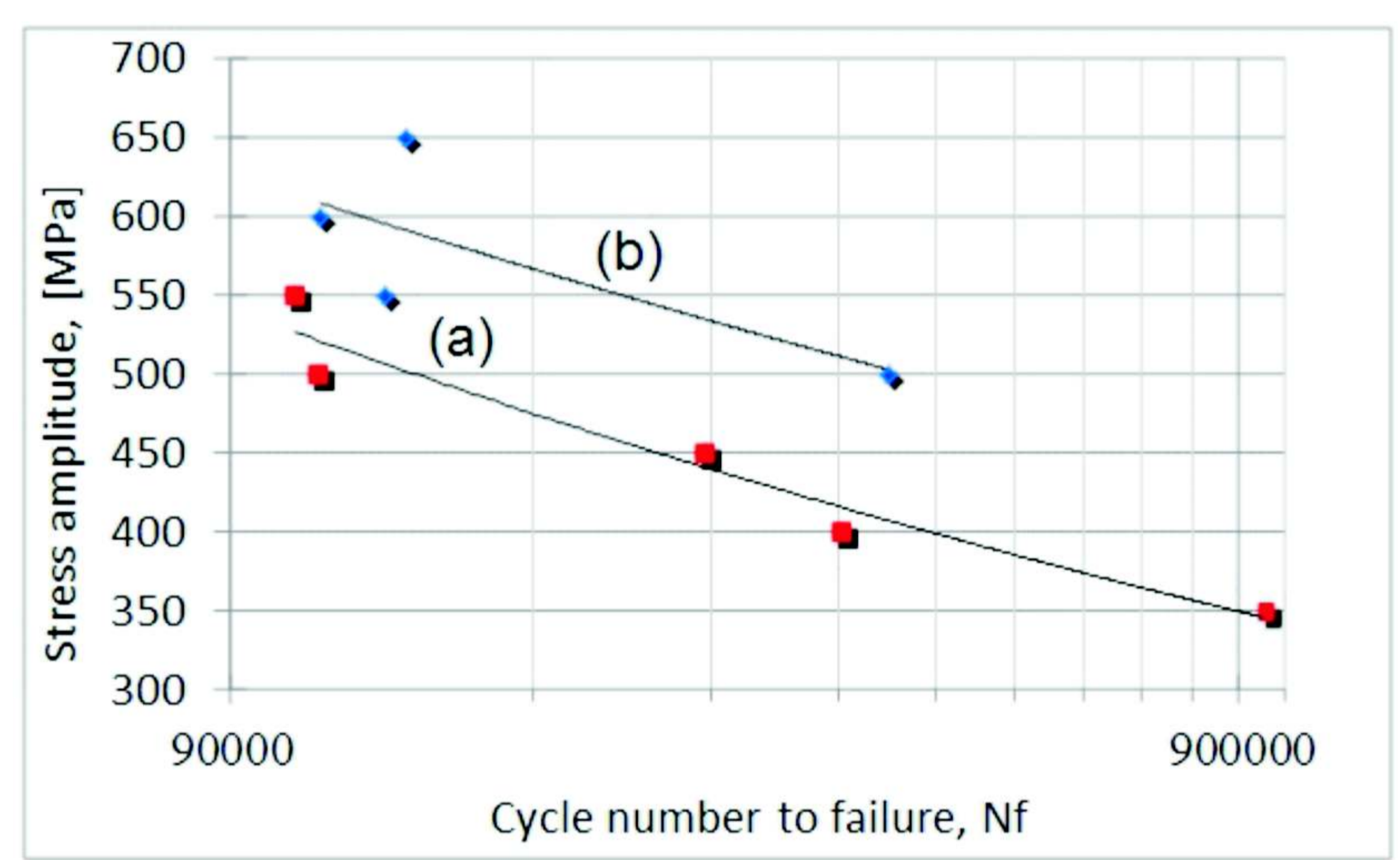
Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



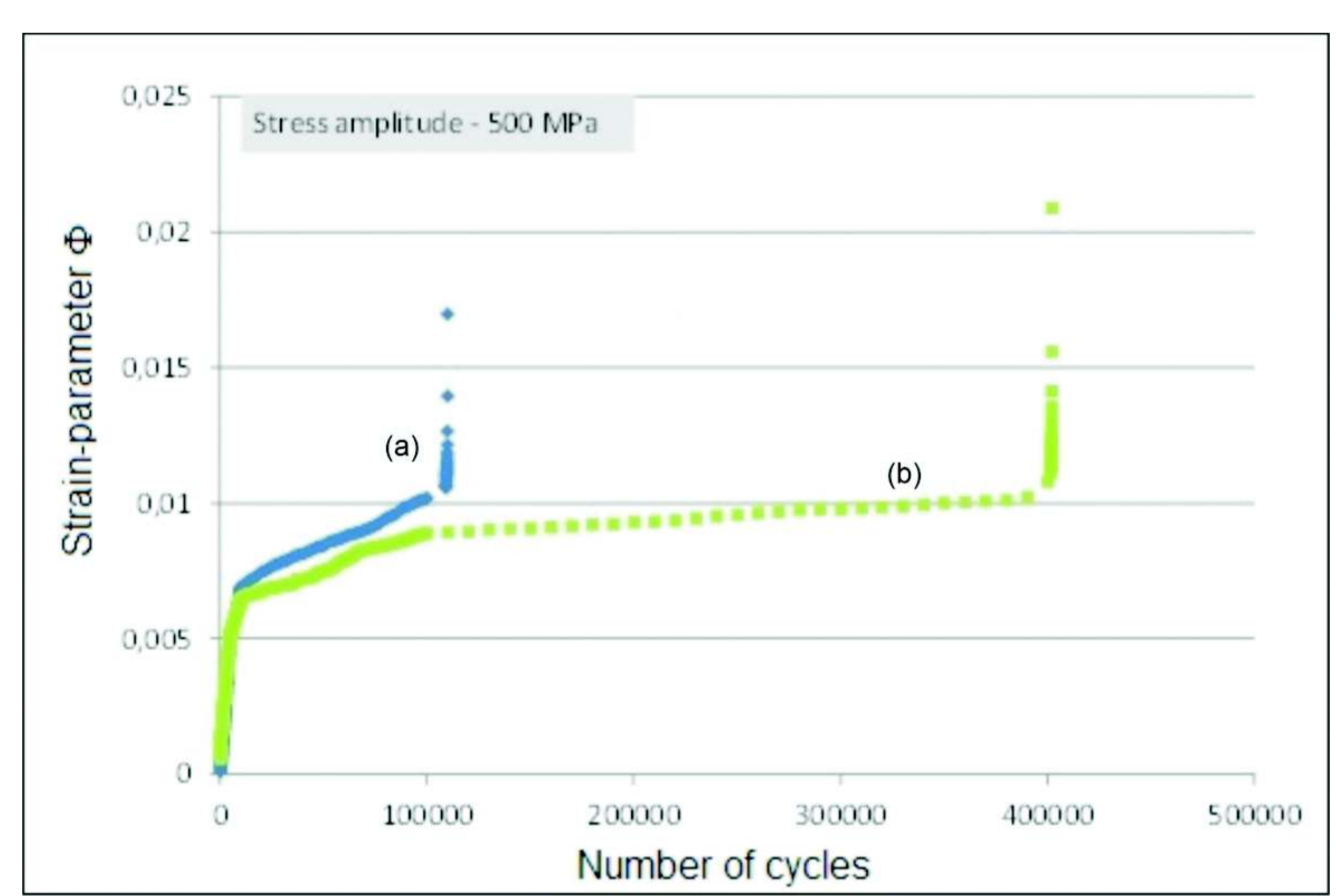
Przekrój poprzeczny (a), morfologia (b) warstwy NiAl wytworzonej metodą CVD na podłożu stopu niklu IN 740
Cross-section (a) and morphology (b) of NiAl layer produced on Inconel 740 nickel alloy by CVD method.



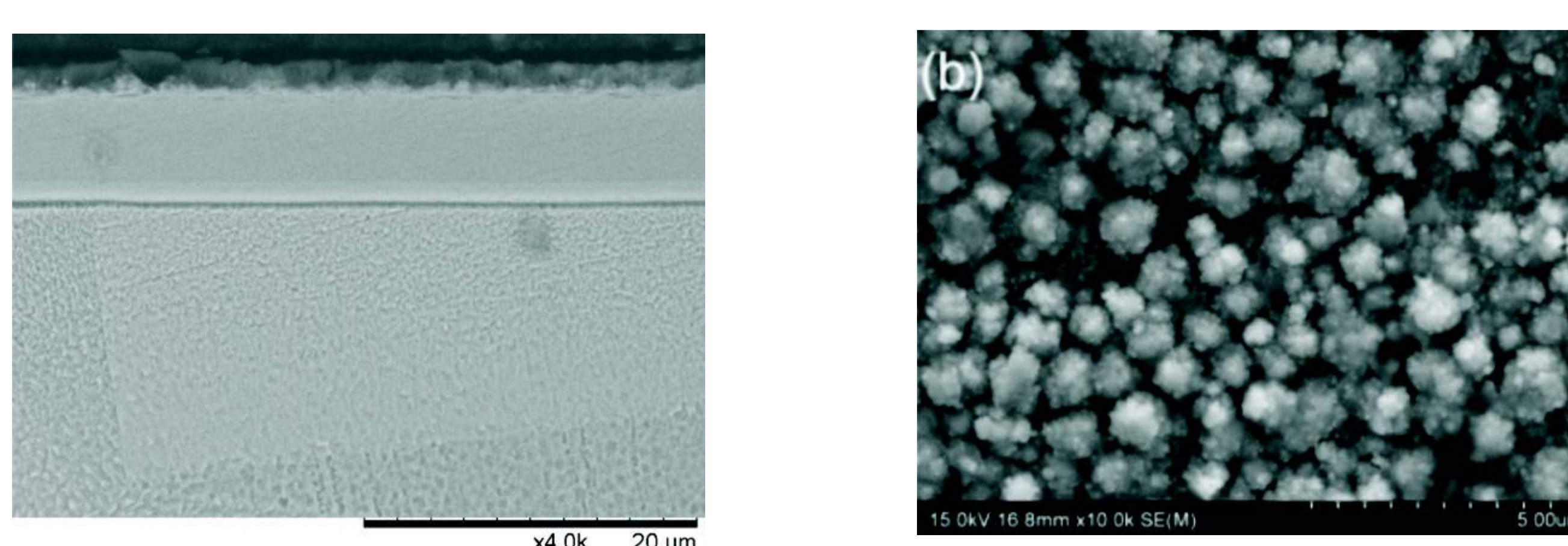
Rozkład pierwiastków Al, Ni, Cr, Ti, Nb, Zr na przekroju poprzecznym warstwy wytworzonej metodą CVD
Distribution of Al, Ni, Cr, Ti, Nb, Zr on cross-section of layer produced by CVD method (EDS mapping).



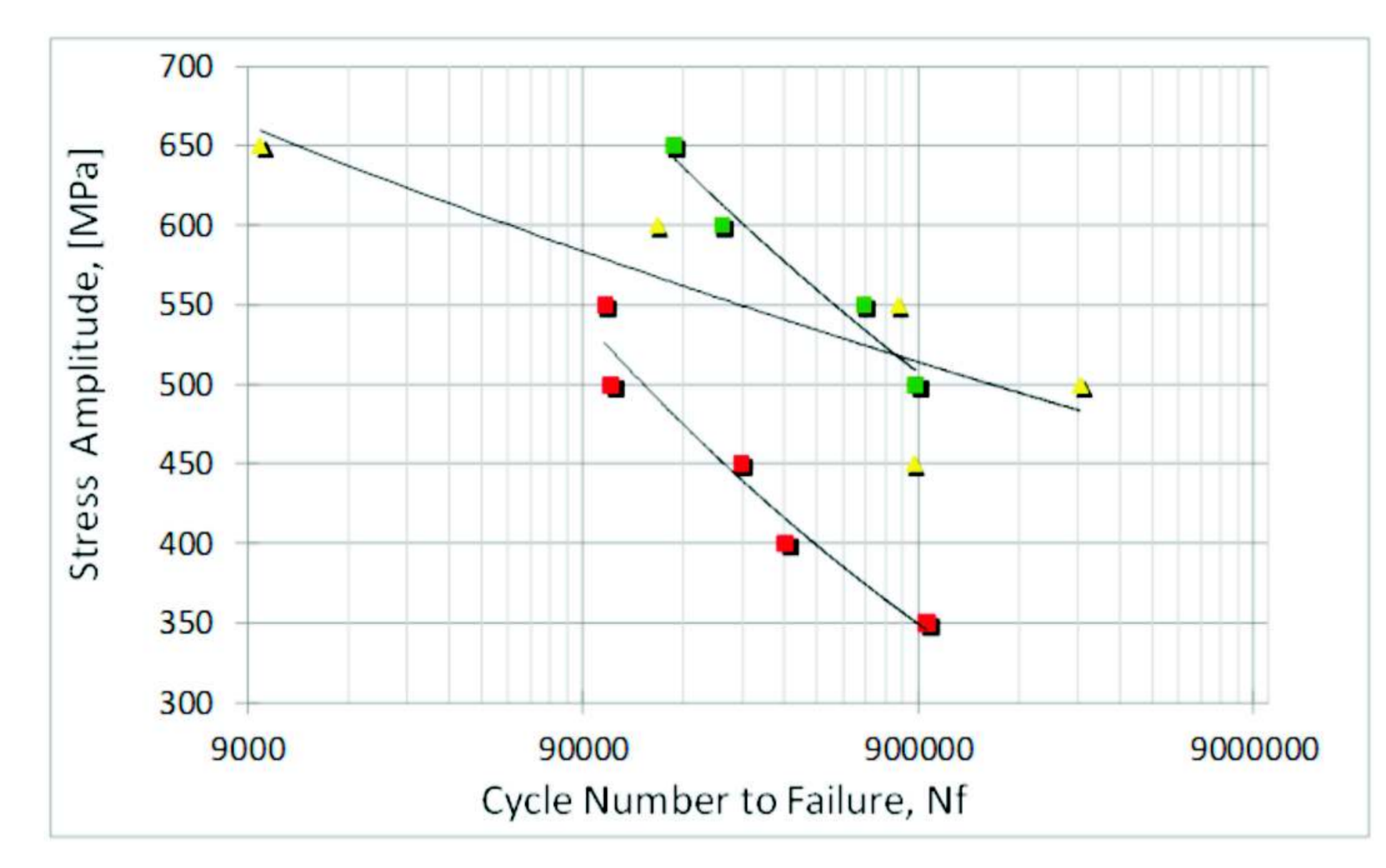
Krzywa Wöhlera dla stopu niklu IN 740: (a) w stanie wyjściowym, (b) z warstwą NiAl wytworzonej w procesie CVD
Wöhler curves for Inconel 740 nickel alloy: (a) in initial state, (b) with a NiAl layer produced by CVD.



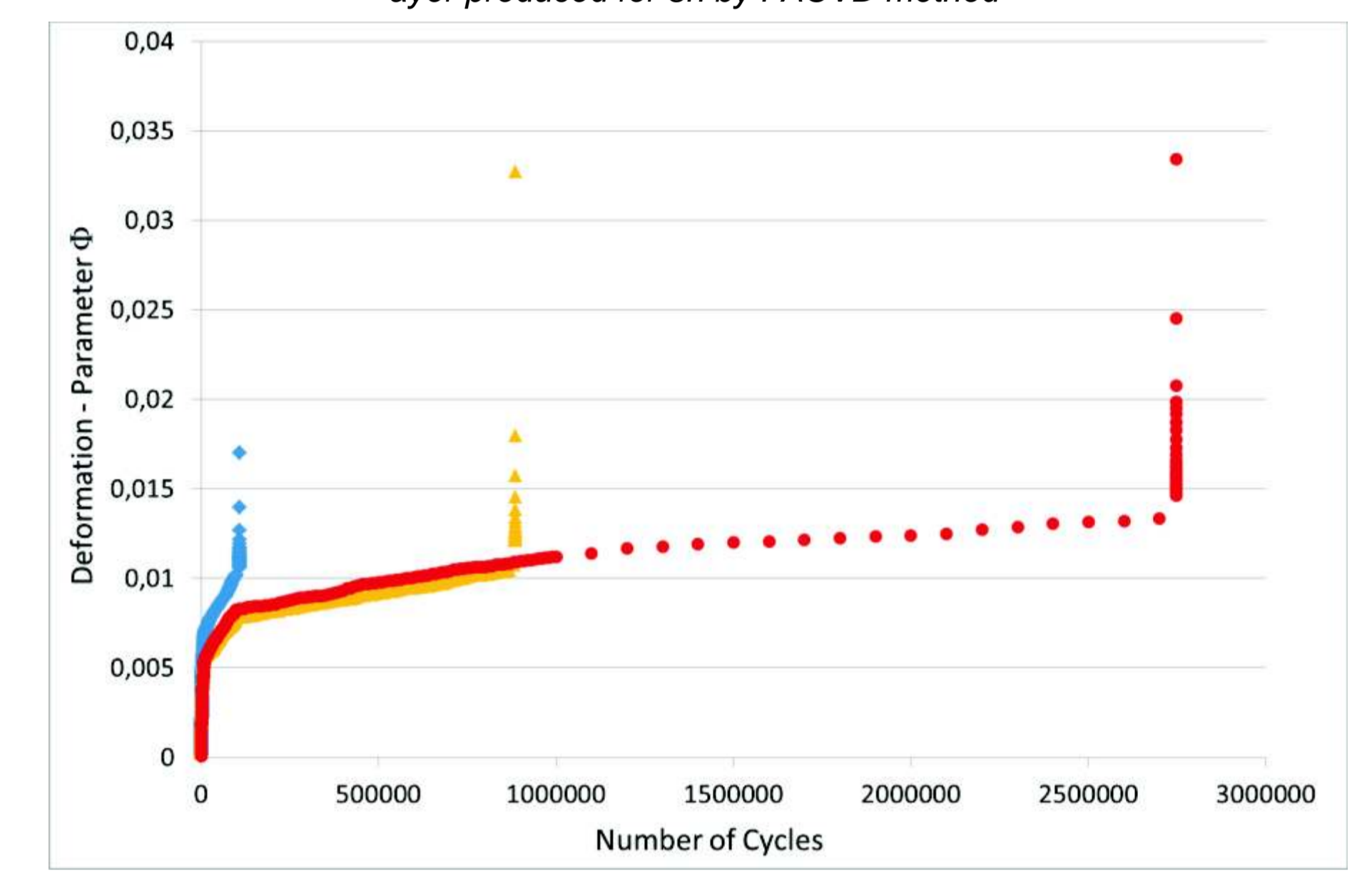
Zmiany rozwoju odkształcenia w kolejnych cyklach obciążenia: (a) stop niklu IN 740 w stanie wyjściowym, (b) z warstwą NiAl
The change of the deformation parameter in the subsequent cycles for Inconel 740 nickel alloy: (a) in the initial state, (b) a layer of AlNi, amplitude stress 500 Mpa.



Przekrój poprzeczny (a), morfologia (b) warstwy CrN+Cr₂Ni₃ wytworzonej metodą PACVD na podłożu stopu niklu IN 740
Cross-section (a), and morphology (b) of the CrN+Cr₂Ni₃ layer produced on Inconel 740 nickel alloy by PACVD method.



Krzywa Wöhlera dla stopu niklu IN 740: (a) w stanie wyjściowym, (b) z warstwą NiAl wytworzoną w procesie CVD
Wöhler curves for Inconel 740 nickel alloy: (a) as-received, (b) with a CrN+Cr₂Ni₃ layer produced for 8h, (c) CrN+Cr₂Ni₃ layer produced for 8h by PACVD method



Zmiany rozwoju odkształcenia w kolejnych cyklach obciążenia: (a) stop niklu IN 740 w stanie wyjściowym, (b) z warstwą CrN+Cr₂Ni₃ wytworzoną w procesie 8h azotowania jarzeniowego, (c) z warstwą CrN+Cr₂Ni₃ w procesie 8h azotowania jarzeniowego
Changes of the deformation parameter versus number of cycles to failure of Inconel 740 nickel alloy: (a) as-received, (b) with a CrN+Cr₂Ni₃ layer produced for 8h, (c) CrN+Cr₂Ni₃ layer produced for 8h

Zalety i ograniczenia rozwiązania Innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

Stop tytanu Timetal 1100 z bariera cieplna

Zalety
Przewiduje się, że wytworzona bariera termiczna typu: (ZrO₂+8%Y₂O₃)+Al₂O₃+(TiAl₃+TiAl₂) na podłożu stopu tytanu Timetal 1100 będzie charakteryzowała się dobrą przyczepnością do podłoża a poprzez nanokrystaliczny nieporowaty tlenek aluminium tworzący się w strefie przejściowej (TGO-thermally grown oxide) i umożliwi poprawę odporności na korozję w podwyższonej temperaturze oraz podniesienie temperatury pracy stopu tytanu -Timetal 1100

It is expected that manufactured thermal barrier coating (ZrO₂+8%Y₂O₃)+Al₂O₃+(TiAl₃+TiAl₂) on the substrate of titanium alloy Timetal 1100 will exhibit good adhesion to the substrate (by porous nanocrystalline aluminium oxide formed at transition zone TGO), will improve corrosion resistance at elevated temperatures and will increase titanium alloy Timetal 1100 operating temperature.

Stop niklu Inconel 740 warstwa CrN lub NiAl
Przewiduje się, że wytworzone dyfuzyjne warstwy CrN lub NiAl na nowoczesnym stopie niklu IN 740 w przyszłości umożliwią wydłużenie resursu silników lotniczych i samochodowych

Ograniczenia
Badania realizowane w skali laboratoryjnej
Studies carried out on a laboratory scale

Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki

Examples of application in aviation and other branches

- Stop tytanu Timetal 1100 z bariera ceramiczna
- Przemysł lotniczy
 - dyski sprężarki wysokociężnościowej
 - łopatki turbin niskociężnościowej
- Aviation
 - High pressure compressor drives
 - Low pressure turbine blades
- Stop niklu Inconel 740
- Przemysł lotniczy
 - dysze wydechowe
- Aviation
 - exhaust nozzles
- Przemysł motoryzacyjny
 - Zawory wydechowe do diesla
- Automotive industry
 - exhaust valves in automotive diesel engines

Oferta dla przemysłu

The offer for industry

Opracowana technologia wytwarzania w skali laboratoryjnej innowacyjnych barier ceramicznych na stopie tytanu Timetal 1100 dyfuzyjnych warstw CrN lub NiAl na stopie niklu IN 740
Manufacturing technology on laboratory scale: of innovative ceramic barriers on titanium alloy Timetal 1100 of CrN or NiAl diffusion layers on nickel alloy IN 740