

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

Zaawansowane powłokowe bariery cieplne do ochrony powierzchni łopatek wirujących silników lotniczych przed korozją
Advanced Thermal Barrier Coatings for protection of aeroengine blades against high temperature corrosion

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

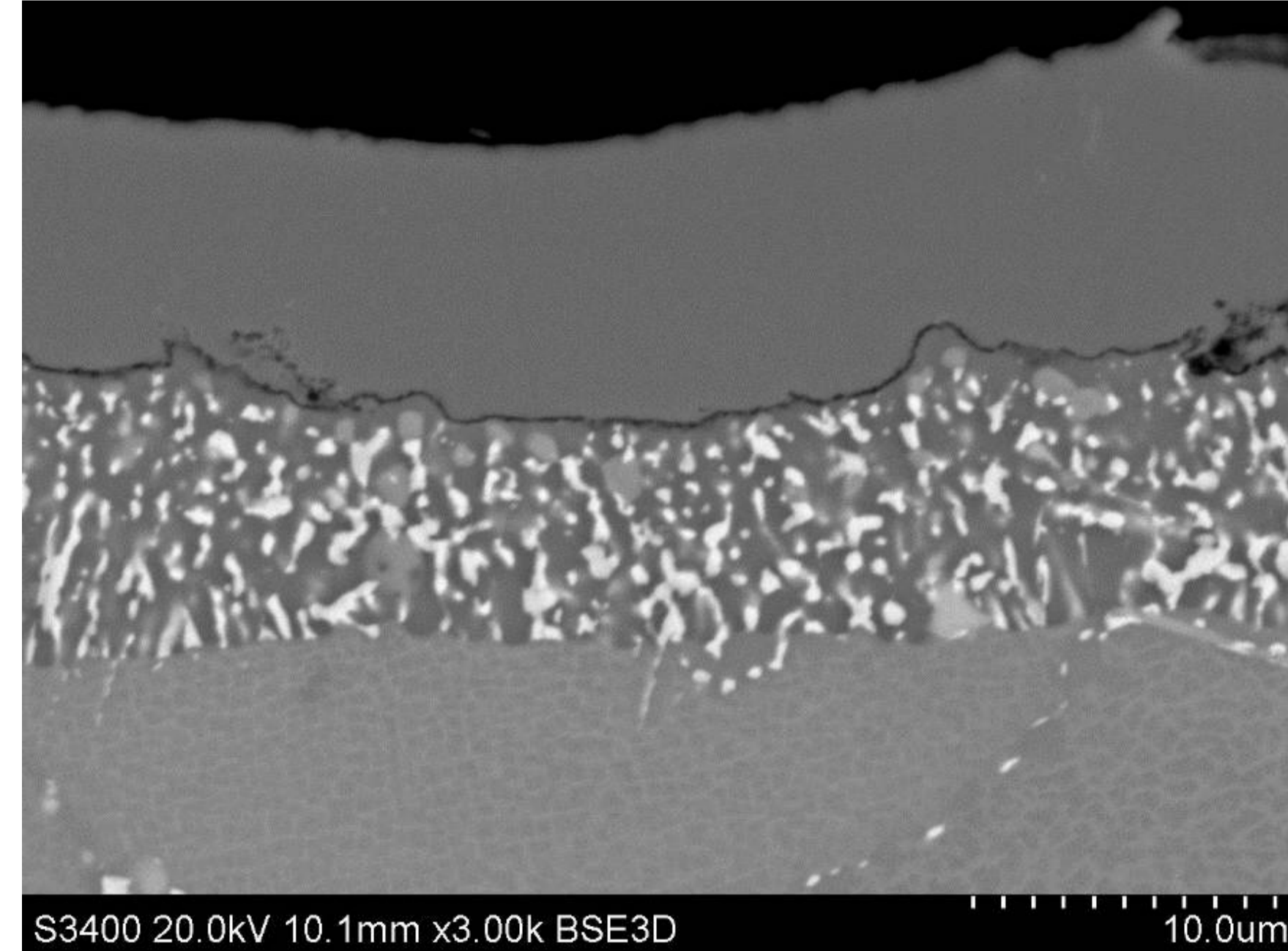
W ramach zadania badawczego opracowano zaawansowane powłokowe bariery cieplne do ochrony powierzchni łopatek turbiny silnika lotniczego przed oddziaływaniem wysokiej temperatury i utleniania. Międzywarstwy stanowiły warstwy aluminidowe wytworzone metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej (Chemical Vapour Deposition, CVD). W celu zwiększenia odporności na korozję warstwy zostały zmodyfikowane hafnium, cyrkonem oraz platyną. Platyna wprowadzana jest metodą galwaniczną, a hafnium i cyrkon zgodnie z opracowanym procesem współosadzania w trakcie aluminizacji metodą CVD. Zewnętrzna powłoka ceramiczna tlenku cyrkonu stabilizowanego tlenkiem itru wytworzono metodą fizycznego osadzania z fazy gazowej z odparowaniem za pomocą palnika plazmowego (Plasma Spray Physical Vapour Deposition, PS-PVD) lub wiązki elektronów (Electron Beam Physical Vapour Deposition, EB-PVD). Powłoka ceramiczna charakteryzowała się budową kolumnową.

During the project the advanced Thermal Barrier Coatings were developed for protection against high temperature and oxidation. The aluminate coating deposited by chemical vapour deposition were used as a bond coat. They were modified by hafnium, zirconium and palladium for increasing of high temperature corrosion resistance. The palladium was deposited using galvanic method. The hafnium and zirconium were doped during developed aluminizing process. The outer ceramic layer was deposited by Plasma Spray Physical Vapour Deposition method and Electron Beam Physical Vapour Deposition Methods. They were characterized by columnar structure.

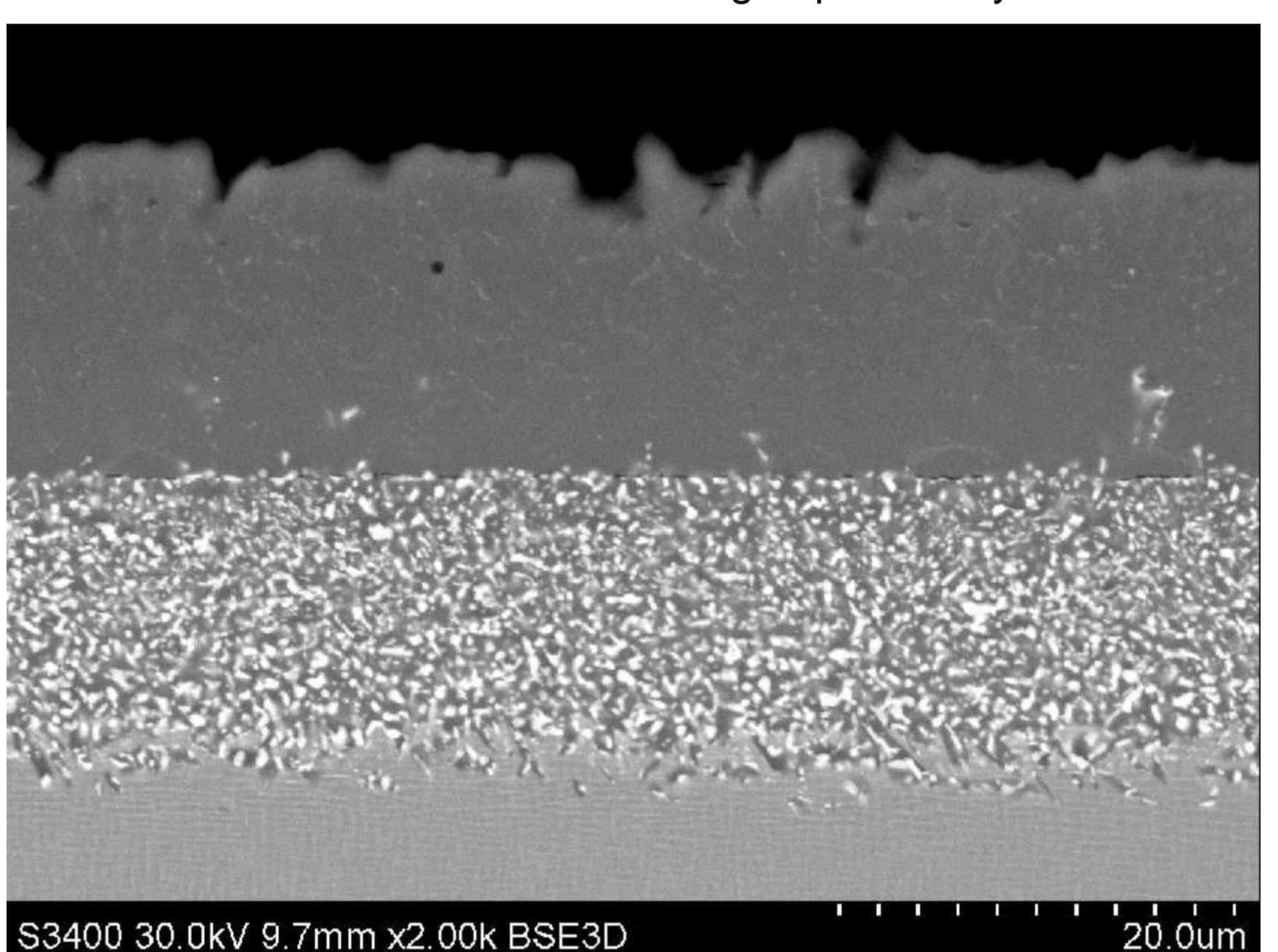
Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



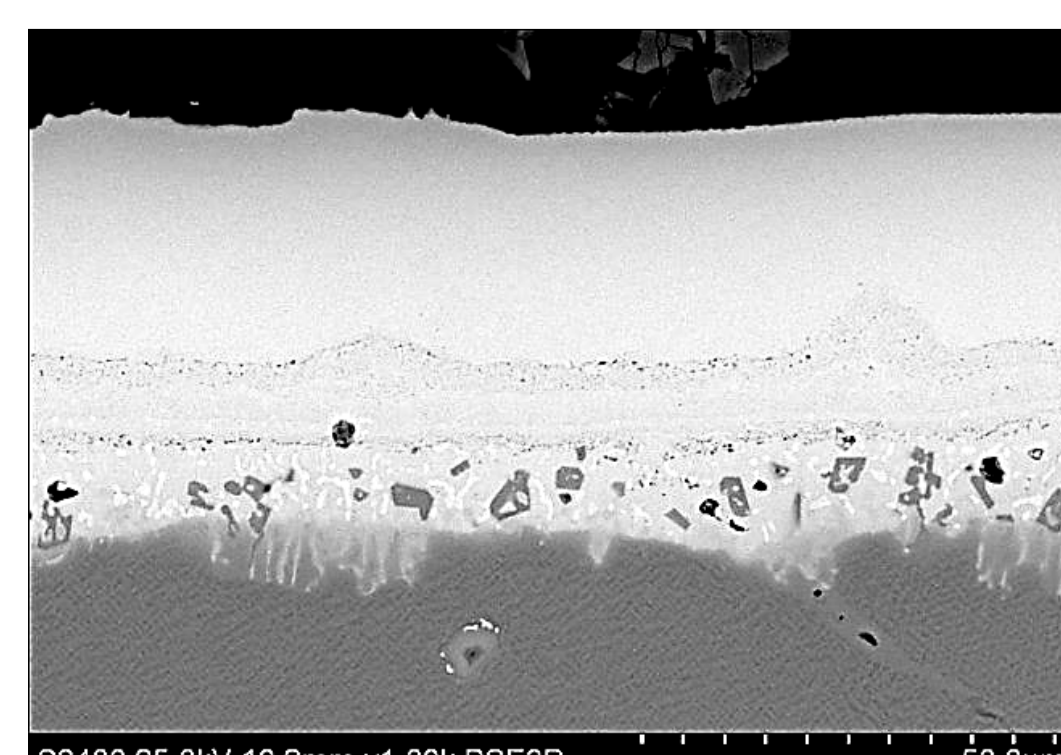
Urządzenie BXP Pro 325S do aluminizacji metodą CVD



Mikrostruktura dyfuzyjnej warstwy aluminidowej modyfikowanej cyrkonem wytworzonej metodą CVD na łopatkę turbiny
Microstructure of Zr-modified aluminate coating deposited by CVD method on turbine blade



Mikrostruktura dyfuzyjnej warstwy aluminidowej modyfikowanej hafnium wytworzonej metodą CVD na podłożu stopu CMSX-4
Microstructure of Zr-modified aluminate coating deposited by CVD method on CMSX-4 nickel superalloy

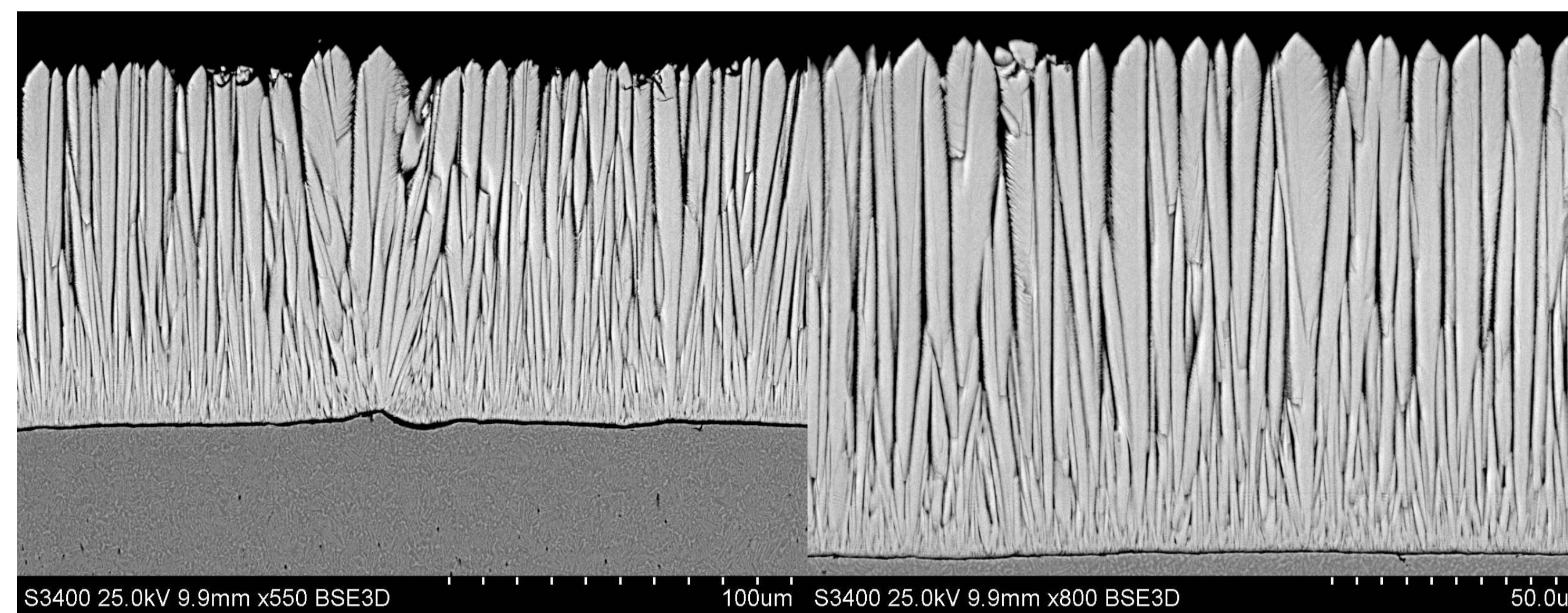


Mikrostruktura warstwy aluminidowej modyfikowanej platyną i cyrkonem
Microstructure of aluminate coating modified by platinum and zirconium

Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



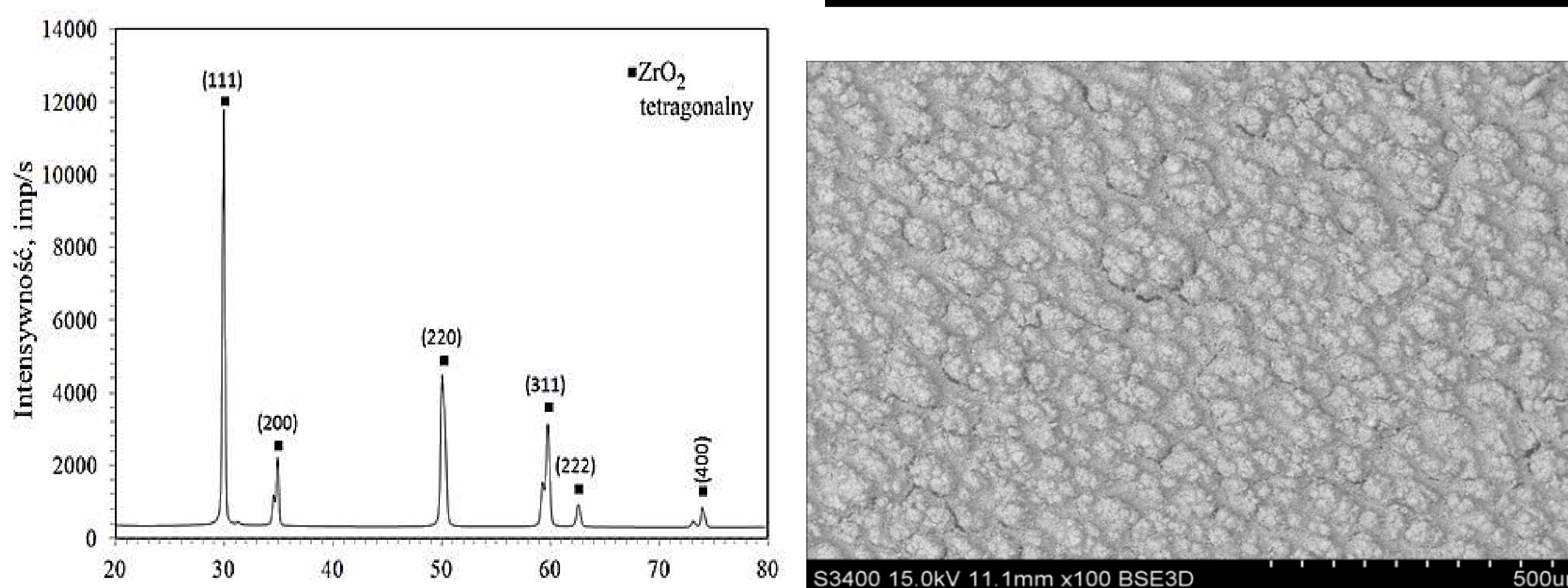
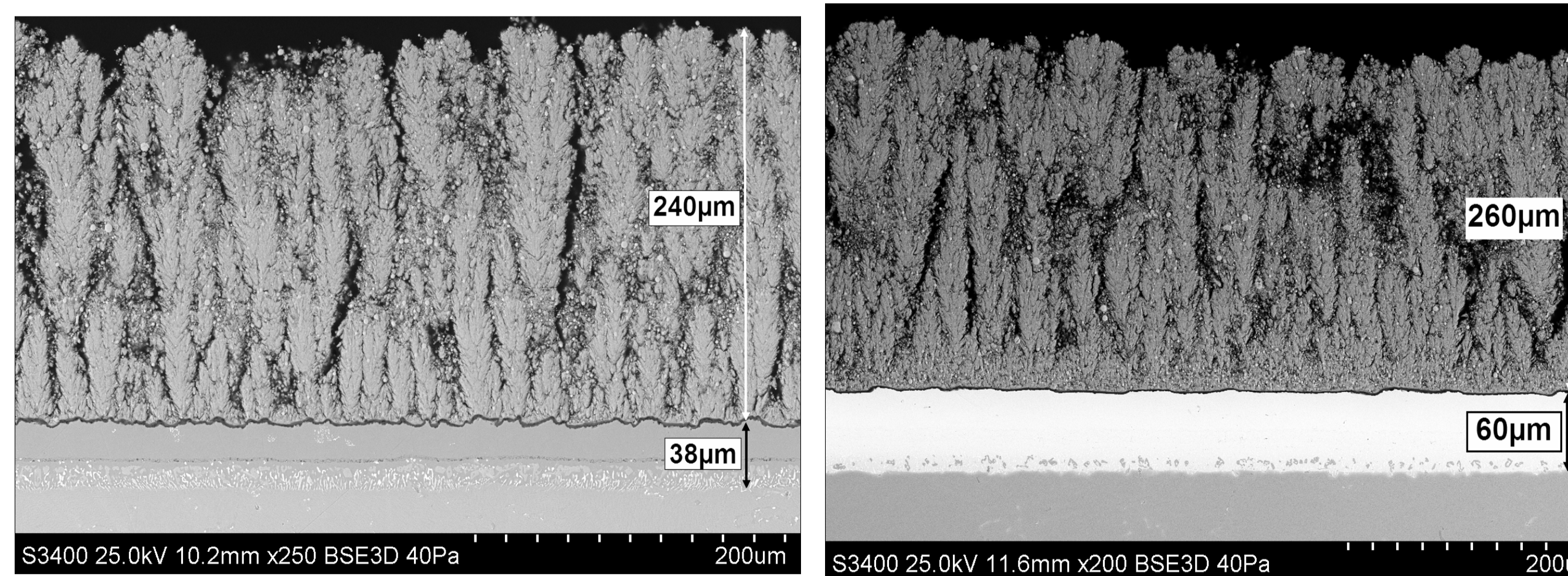
System do osadzania powłok metodą EB-PVD
The equipment for deposition of ceramic coatings by EB-PVD method



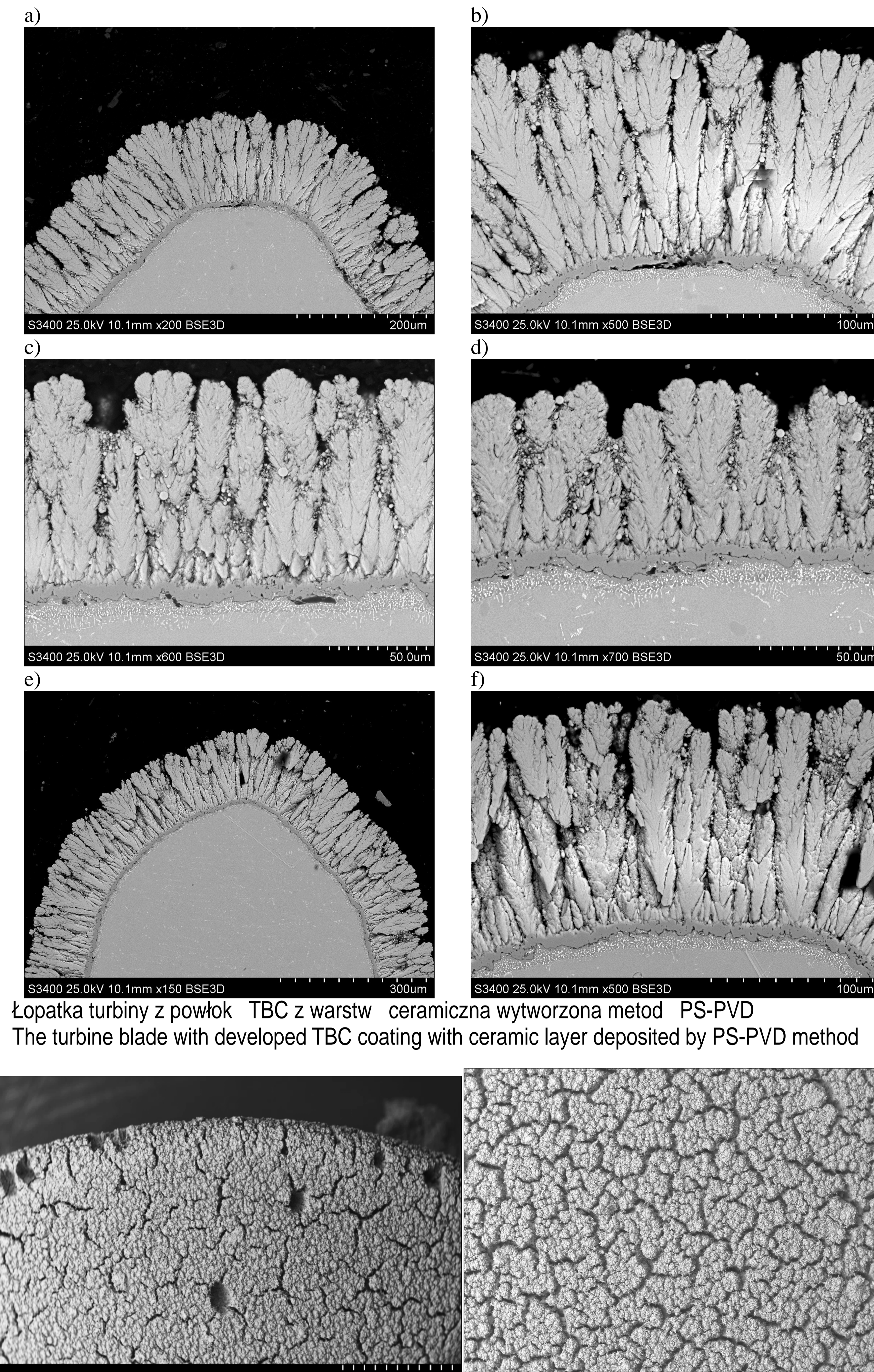
Powłoka TBC z warstwą ceramiczną wytworzona metodą EB-PVD
The Thermal Barrier Coating deposited by EB-PVD method



System do osadzania powłok metodą PS-PVD
The equipment for deposition of ceramic coatings by PS-PVD method



Structure, surface morphology and phase analysis of newly developed TBCs
Mikrostruktura, morfologia powierzchni oraz analiza fazowa opracowanej powłoki TBC



Łopátka turbiny z powłoką TBC z warstwą ceramiczną wytworzona metodą PS-PVD
The turbine blade with developed TBC coating with ceramic layer deposited by PS-PVD method

Próbka z opracowanymi powłokami barierowymi cieplnymi modyfikowanymi cyrkonem i platyną oraz warstwą ceramiczną po próbie zmęczenia cieplnego
The sample with newly developed Zr and Pt modified aluminate coating with ceramic layer after thermal fatigue test

Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki
Examples of application in aviation and other branches

turbiny silników lotniczych
przemysłowe turbiny gazowe

turbiny jet engines
industrial gas turbines

Zalety i ograniczenia rozwiązania Innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

- Zalety rozwiązania Innowacyjnego
- zastosowanie metody aluminizacji zapewniające uzyskanie najwyższej odporności
 - wprowadzenie dwóch pierwiastków modyfikujących zapewnia nawet kilkukrotny wzrost odporności powierzchni łopatek turbin
 - zastosowanie metody PS-PVD obniża koszty procesu w porównaniu z metodą EB-PVD jednocześnie nie umożliwia pokrywanie dużych łopatek turbin przemysłowych
- Advantages of innovative solution:
- using of the best aluminizing methods developed for turbine blades (CVD)
 - increasing lifetime of aluminate coatings by double modification of chemical composition
 - decreasing of ceramic coating production cost by using PS-PVD

Oferta dla przemysłu
The offer for industry

- wytwarzanie zaawansowanych dyfuzyjnych warstw aluminidowych metodą gazową oraz CVD
- wytwarzanie zaawansowanych powłokowych barier cieplnych metodą EB-PVD
- wytwarzanie zaawansowanych powłok TBC metodą PS-PVD
- produkcja i rozwój zaawansowanych powłok aluminidowych metodą fazową i CVD
- produkcja i rozwój powłok TBC produkowanych metodą EB-PVD
- produkcja i rozwój TBCs osadzonych metodą plazmowej osadzania z fazy gazowej (PS-PVD)