

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

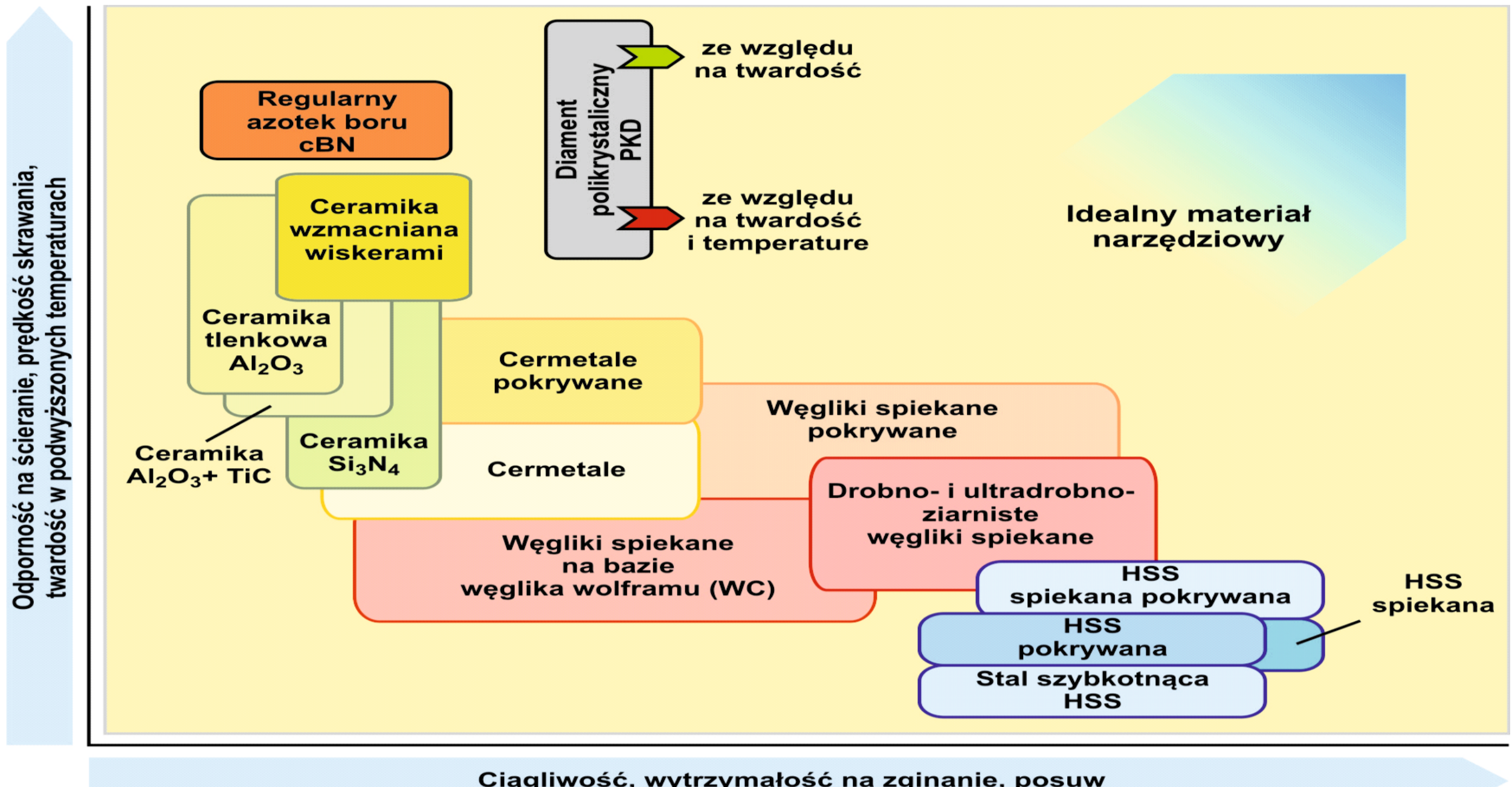
Modelowanie, konstruowanie i kontrolowanie procesu HSM z uwzględnieniem skonfigurowanego układu maszyna-przyrząd-detale  
Modeling, construction and control of the HSM process taking into consideration the configured machine-instrument-detail system

Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska

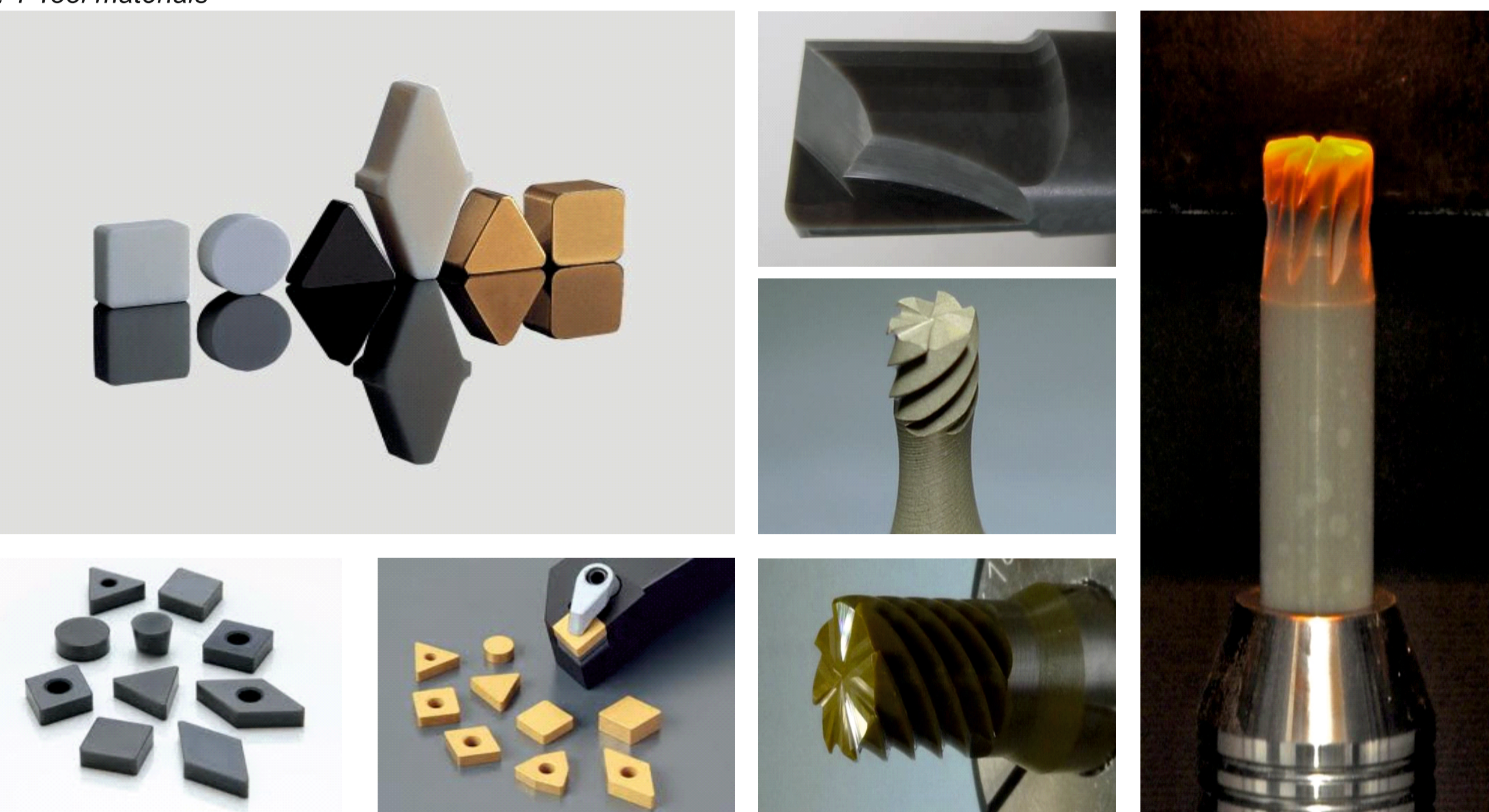
### Wyniki badań

ZWIĘKSZENIE WYDAJNOŚCI SKRAWANIA PRZEZ ZASTOSOWANIE MONOLITYCZNYCH NARZĘDZI CERAMICZNYCH

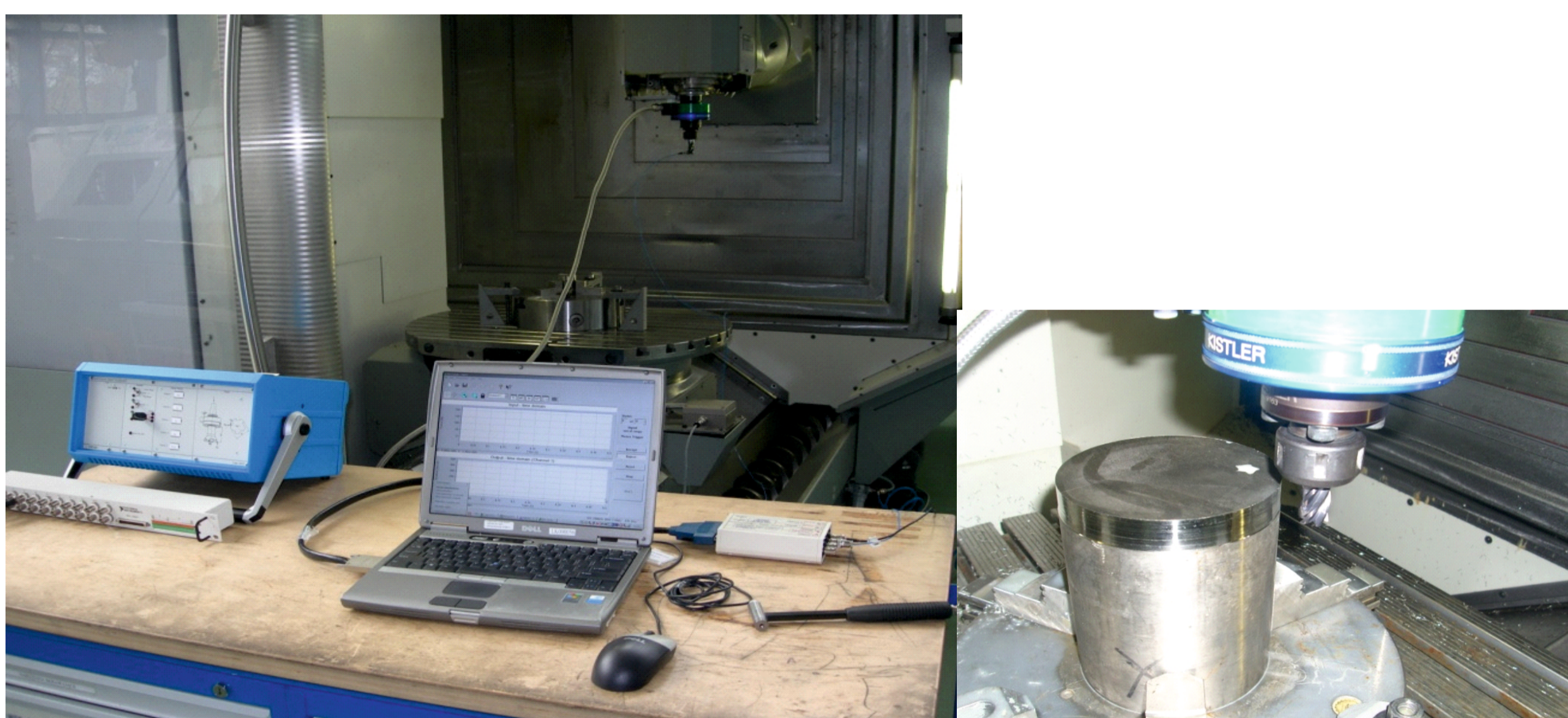
INCREASE PRODUCTIVITY BY THE APPLICATION OF CUTTING MONOLITHIC TOOLS CERAMIC



Rys. 1. Materiały narzędziowe  
Fig. 1. Tool materials

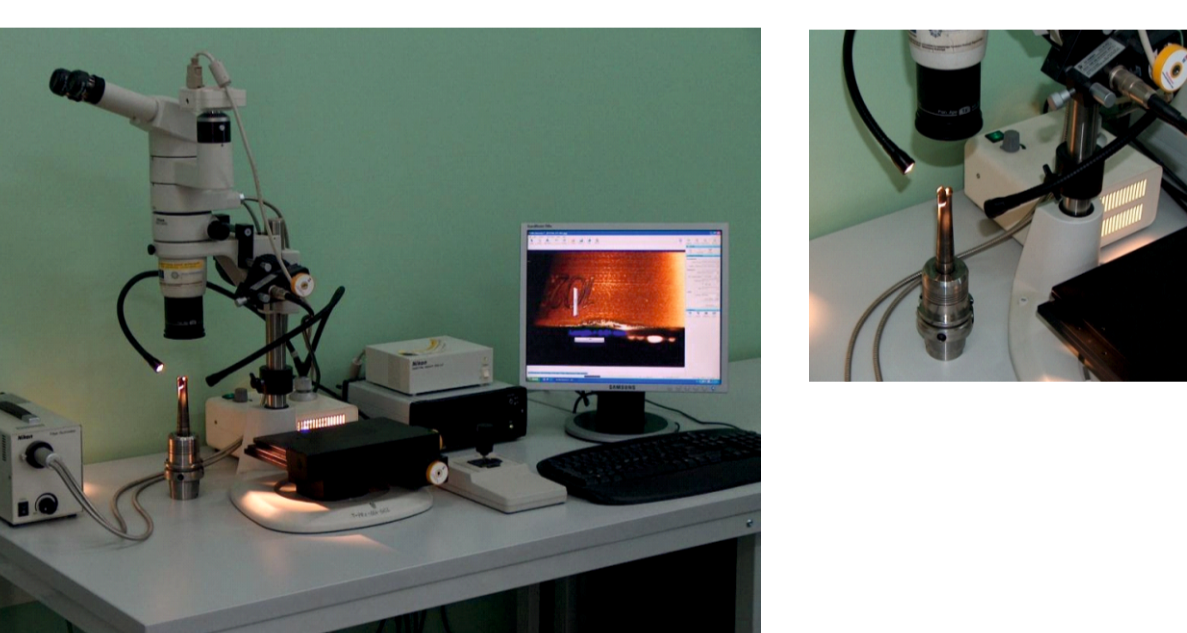


Rys. 2. Przykłady ceramicznych narzędzi skrawających  
Fig. 2. Examples of ceramic cutting tools



Rys. 3. Stanowisko badawcze –układ pomiaru składowych sił skrawania w procesie frezowania. System pomiaru składowych sił skrawania składa się z dynamometry piezoelektrycznego Kistler 9123C z możliwością pomiaru składowych sił skrawania w 3-osiach oraz momentu, wzmacniacza ładunku typu 5019B i przetwornika analogowo-cyfrowego NI6062E firmy National Instruments.

Fig. 3. Test and measurement of cutting forces

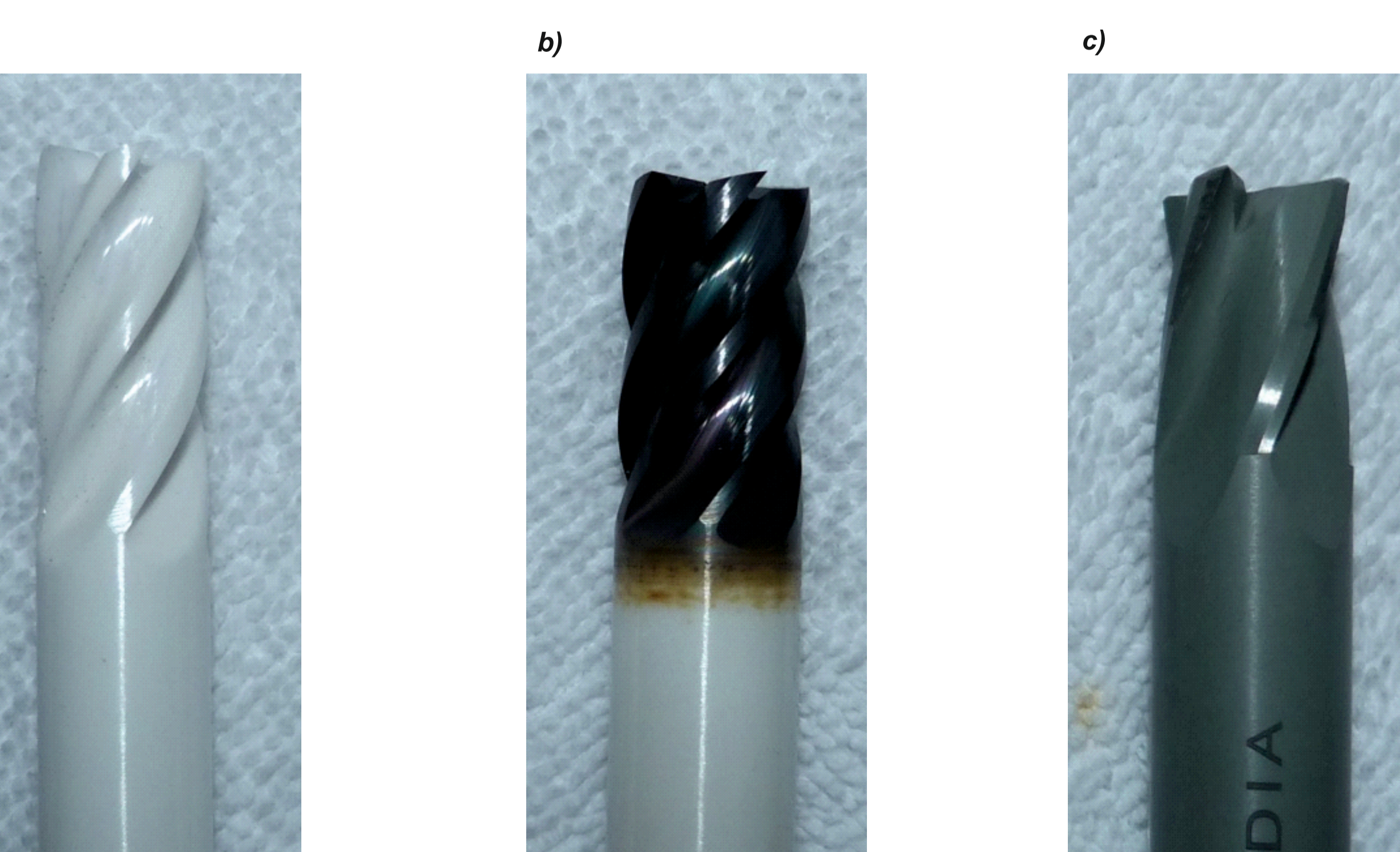


Rys. 4. Pomiar zużycia ostrza frezu wykonano za pomocą mikroskopu stereoskopowego z wyposażeniem do cyfrowej analizy obrazu (kamera Nikon SMZ 1000 i oprogramowanie NIS Elements AR). Wartość zużycia określano przy powiększeniu 10x i rozdzielczości 2560x1920

Fig. 4. The position of the blades to measure the consumption of cutting tools.

**Materiał do badań.**  
Do badań zastosowano superstop na osnowie niklu Inconel 718:  
- wałek średnica 130 mm  
- twardość 45,22 HRC

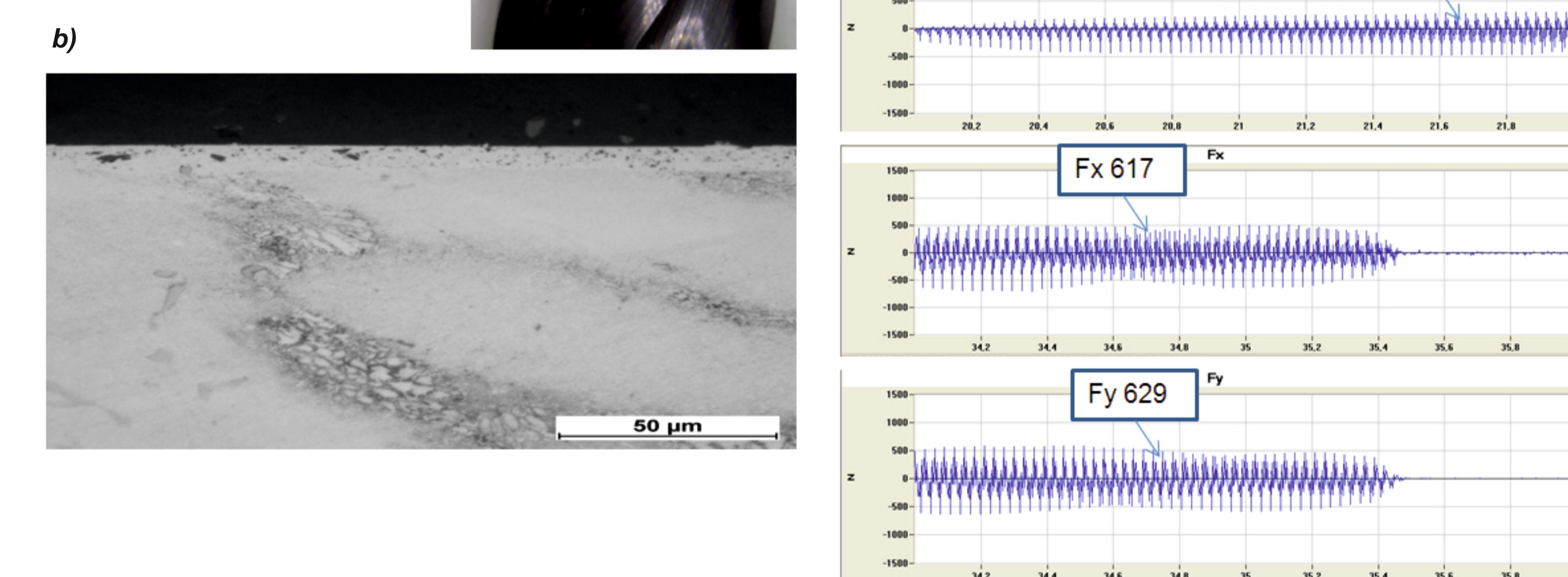
**Narzędzia do badań.**  
W badaniach zastosowano monolityczne narzędzia ceramiczne:  
- średnica 12 mm  
- liczba ostrzy 4  
- kąt linii śrubowej 30 ; 15 stopni



Rys. 5. Monolityczne frezy pałcowe zastosowane w obróbce superstopu Inconel 718 wykonane z materiału a) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + pokrycie PVD c) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wzmacniane whiskersami

Fig. 5. Monolithic end mills used in the machining Inconel 718 a) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + PVD c) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reinforced whiskers

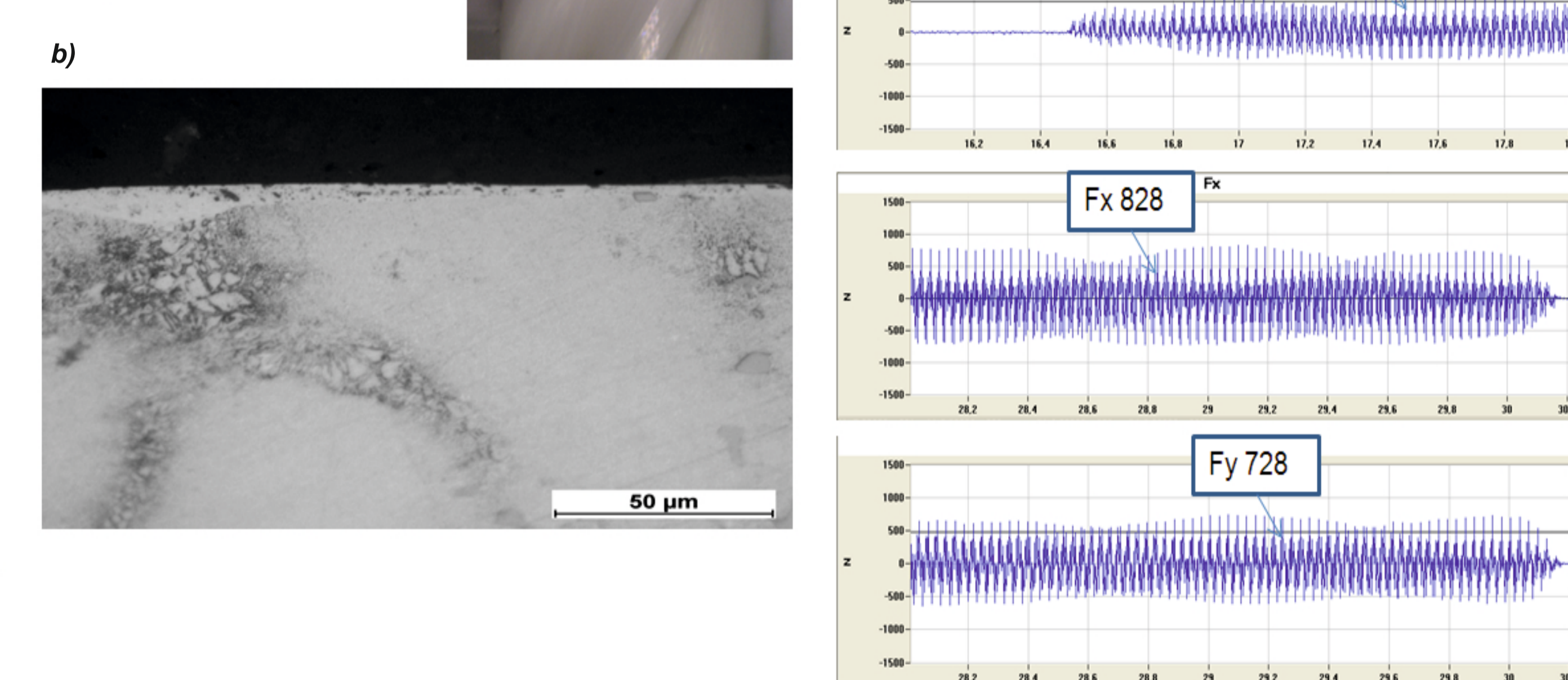
Warunki próby;  
- Ceramika biała Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pokrywana  
- v<sub>c</sub> 400 m/min  
- f 0,063 mm/ostre  
- ap 10 mm  
- ae 0,1 mm



Rys. 6. a) Zużycie ostrza na powierzchni natarcia i przyłożenia monolitycznego freza ceramicznego wykonanego z materiału Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> z pokryciem PVD, b) Mikrostruktura warstwy wierzchniej superstopu Inconel 718 po procesie frezowania c) Przebieg składowych sił skrawania Fx i Fy w początkowym i końcowym etapie procesu frezowania

Fig. 6. a) Tool wear of the blade on the face and flank milling monolithic ceramic material Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> of PVD coated, b) microstructure of the surface layer of Inconel 718 the milling process c) Mileage force components Fx and Fy cut in the initial and final stage of the milling process

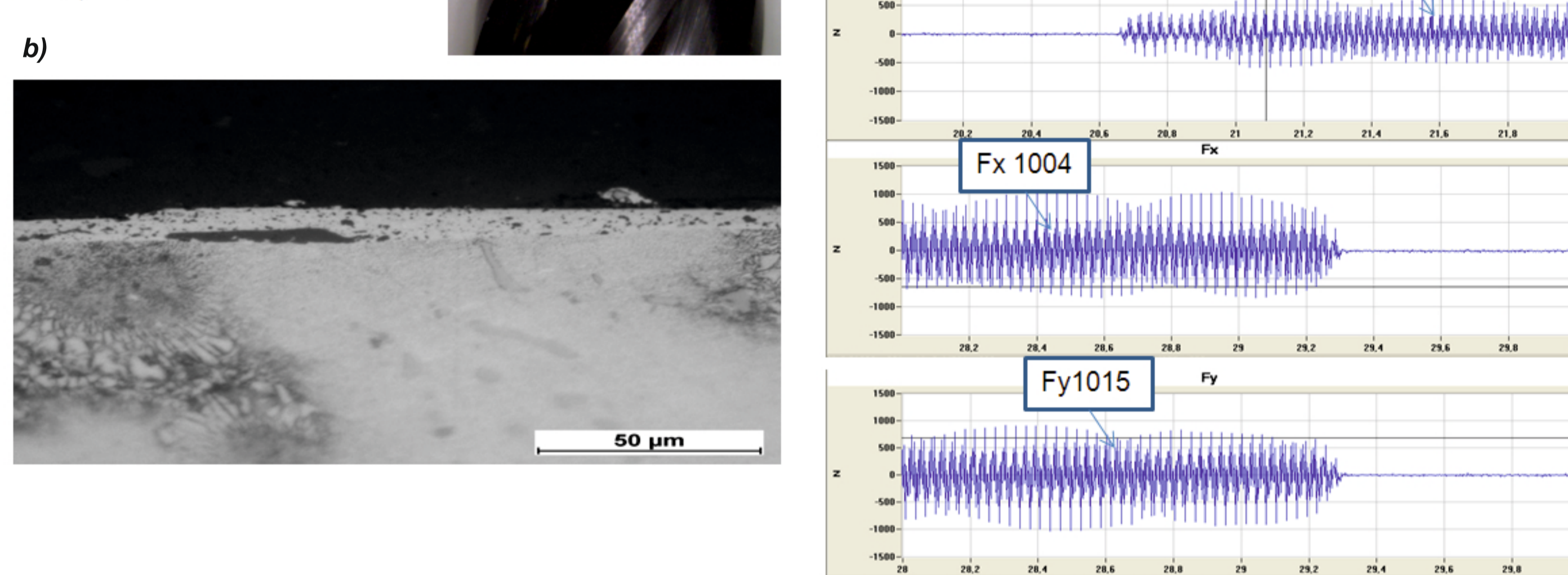
Warunki próby;  
- Ceramika biała Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> niepokrywana  
- v<sub>c</sub> 400 m/min  
- f 0,1 mm/ostre  
- ap 10 mm  
- ae 0,1 mm



Rys. 7. a) Zużycie ostrza na powierzchni natarcia i przyłożenia monolitycznego freza ceramicznego wykonanego z materiału Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, b) Mikrostruktura warstwy wierzchniej superstopu Inconel 718 po procesie frezowania c) Przebieg składowych sił skrawania Fx i Fy w początkowym i końcowym etapie procesu frezowania

Fig. 7. a) Tool wear of the blade on the face and flank milling monolithic ceramic material Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, b) microstructure of the surface layer of Inconel 718 the milling process c) Mileage force components Fx and Fy cut in the initial and final stage of the milling process

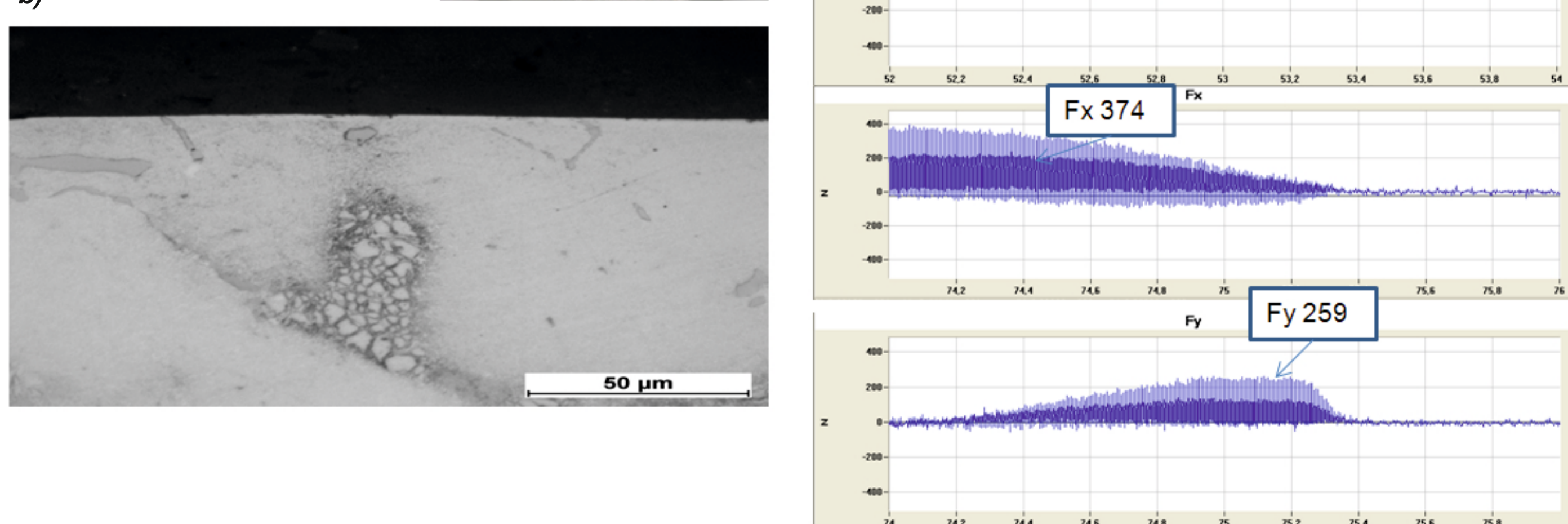
Warunki próby;  
- ceramika biała Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pokrywana  
- v<sub>c</sub> 400 m/min  
- f 0,1 mm/ostre  
- ap 10 mm  
- ae 0,1 mm



Rys. 8. a) Zużycie ostrza na powierzchni natarcia i przyłożenia monolitycznego freza ceramicznego wykonanego z materiału Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> z pokryciem PVD, b) Mikrostruktura warstwy wierzchniej superstopu Inconel 718 po procesie frezowania c) Przebieg składowych sił skrawania Fx i Fy w początkowym i końcowym etapie procesu frezowania

Fig. 8. a) Tool wear of the blade on the face and flank milling monolithic ceramic material Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> of PVD coated, b) microstructure of the surface layer of Inconel 718 the milling process c) Mileage force components Fx and Fy cut in the initial and final stage of the milling process

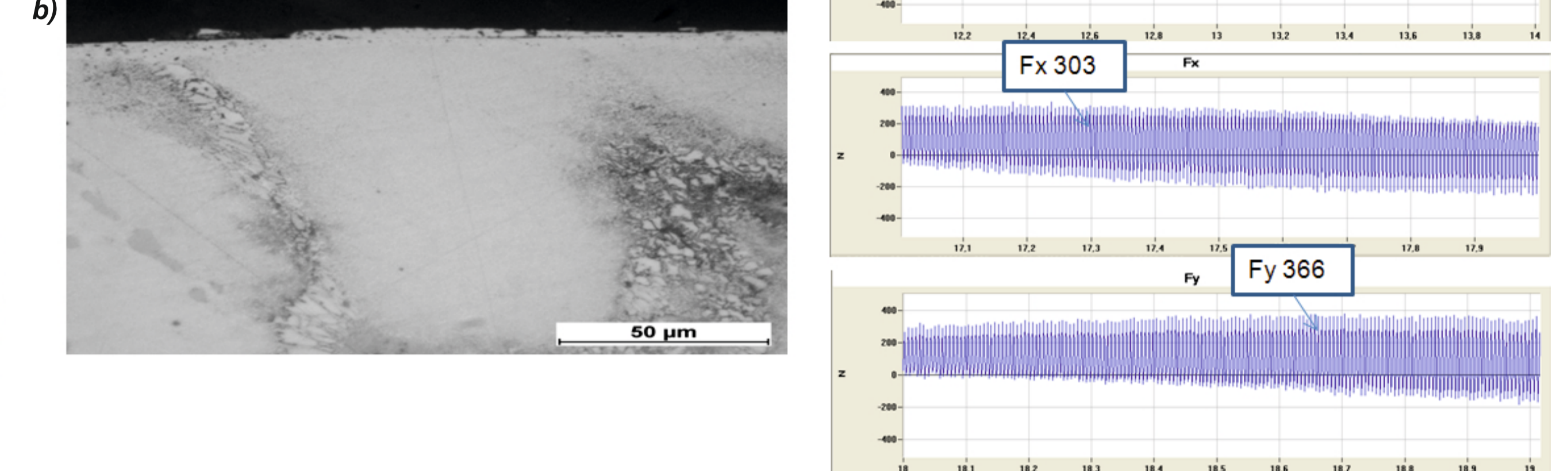
Warunki próby;  
- ceramika Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wzmacniana whiskerami  
- v<sub>c</sub> 500 m/min  
- f 0,03 mm/ostre  
- ap 10 mm  
- ae 0,1 mm



Rys. 9. a) Zużycie ostrza na powierzchni natarcia i przyłożenia monolitycznego freza ceramicznego wykonanego z materiału Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> z pokryciem PVD, b) Mikrostruktura warstwy wierzchniej superstopu Inconel 718 po procesie frezowania c) Przebieg składowych sił skrawania Fx i Fy w początkowym i końcowym etapie procesu frezowania

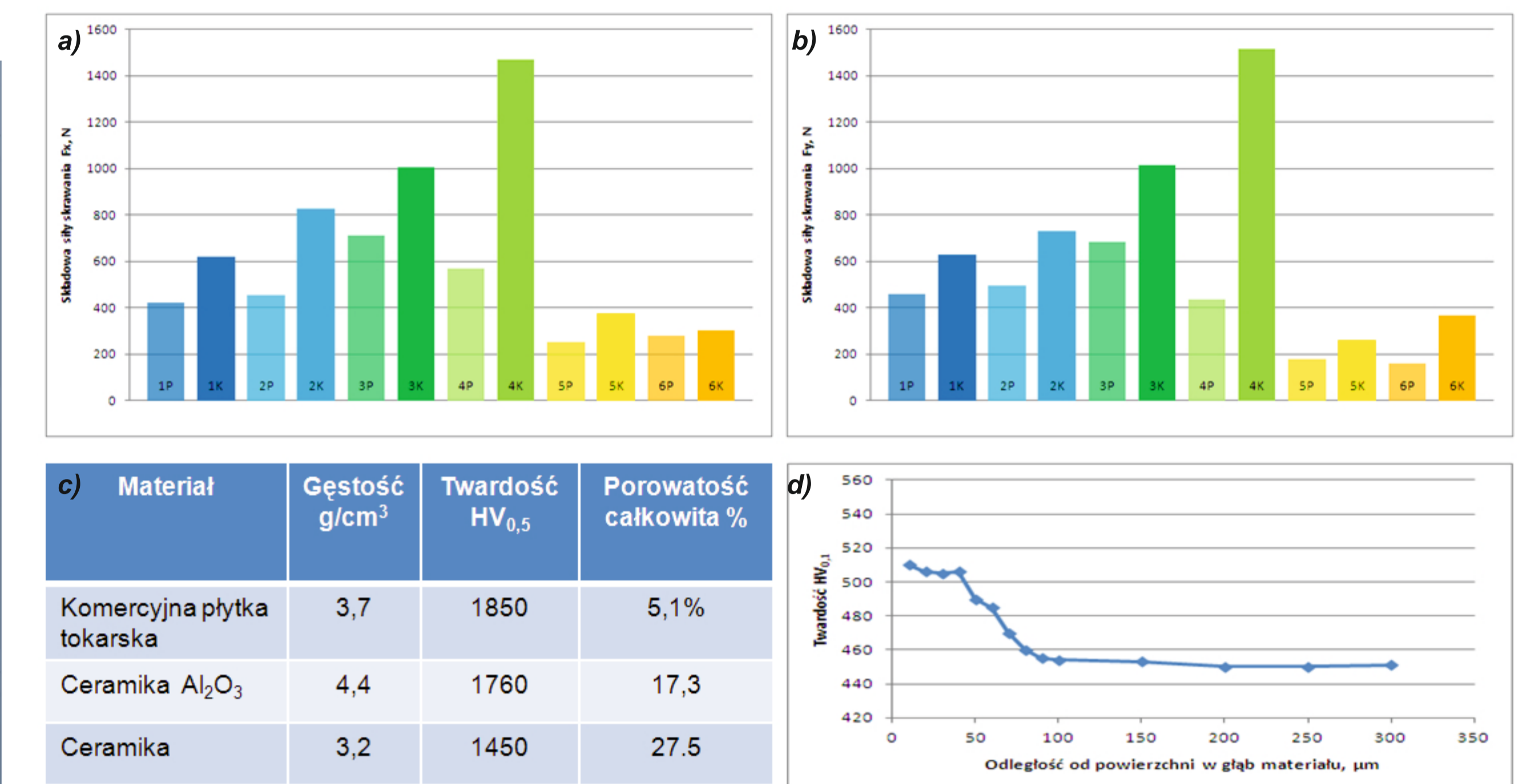
Fig. 9. a) Tool wear of the blade on the face and flank milling monolithic ceramic material Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reinforced whiskers, b) microstructure of the surface layer of Inconel 718 the milling process c) Mileage force components Fx and Fy cut in the initial and final stage of the milling process

Warunki próby;  
- ceramika Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wzmacniana whiskerami  
- v<sub>c</sub> 500 m/min  
- f 0,03 mm/ostre  
- ap 10 mm  
- ae 0,1 mm  
- z chłodzeniem



Rys. 10. a) Zużycie ostrza na powierzchni natarcia i przyłożenia monolitycznego freza ceramicznego wykonanego z materiału Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> z pokryciem PVD, b) Mikrostruktura warstwy wierzchniej superstopu Inconel 718 po procesie frezowania c) Przebieg składowych sił skrawania Fx i Fy w początkowym i końcowym etapie procesu frezowania

Fig. 10. a) Tool wear of the blade on the face and flank milling monolithic ceramic material Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reinforced whiskers, b) microstructure of the surface layer of Inconel 718 the milling process c) Mileage force components Fx and Fy cut in the initial and final stage of the milling process

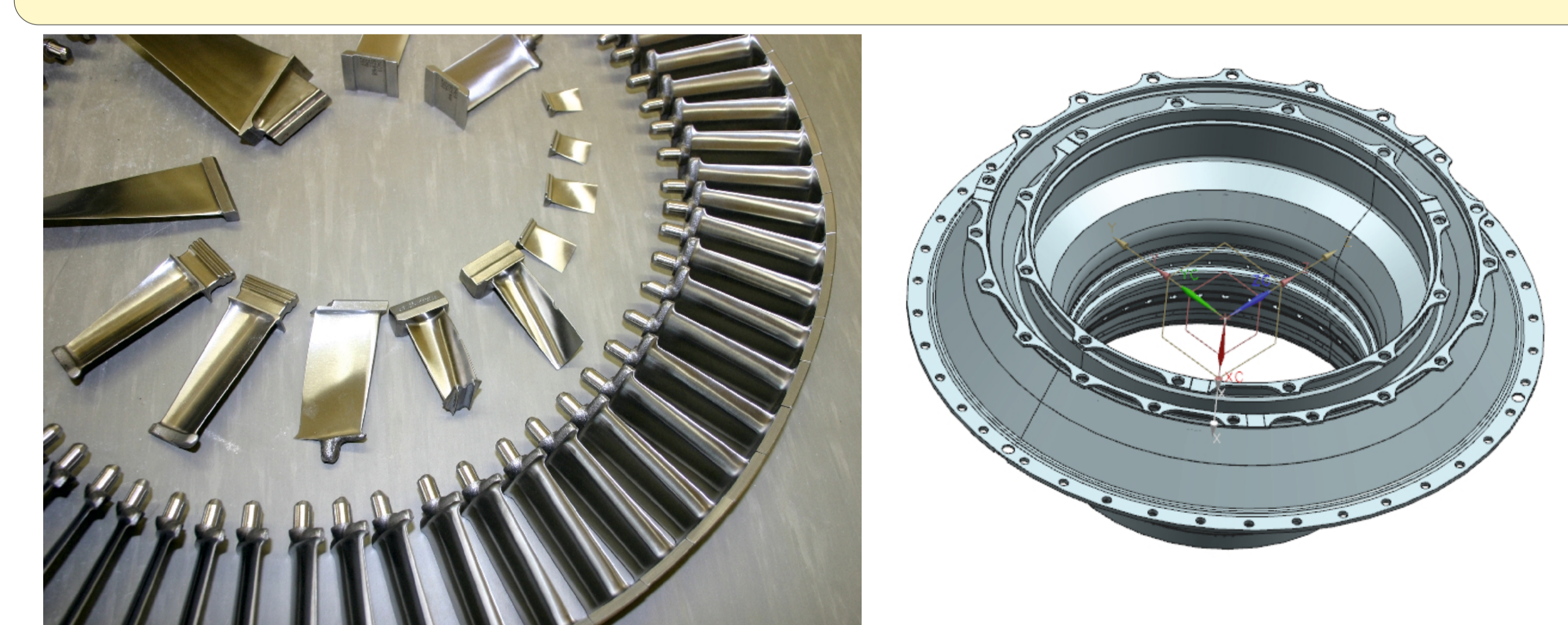


a) Wartość składowej siły skrawania Fx w początkowym i końcowym etapie procesu frezowania  
a) The cutting force component Fx in the initial and final stage of the milling process  
b) Wartość składowej siły skrawania Fy w początkowym i końcowym etapie procesu frezowania  
b) The cutting force component Fy in the initial and final stage of the milling process  
c) Właściwości ceramicznych narzędziowych.  
c) Properties of ceramic tool materials.  
d) Umocnienie warstwy wierzchniej superstopu Inconel 718 po procesie frezowania  
d) The strengthening of the surface layer of Inconel 718 the milling process

### Wnioski

- wyższa trwałość narzędzia skrawającego wykonanego z Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- nie zaobserwowano istotnego wpływu pokrycia na trwałość narzędzia skrawającego
- silne odkształcenia w warstwie wierzchniej -wzrost twardości w warstwie wierzchniej
- powstanie białej warstwy „white layer”
- W kolejnym etapie badań dokonana zostanie zmiana geometrii narzędzia skrawającego oraz modyfikacja materiału ostrza.
- higher life-cutting tool made of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- there was no significant effect on the coating cutting tool life
- severe deformation in the surface layer-growth in the surface layer hardness
- rise white layer "white layer"
- In the next stage of the study will be made changing the geometry of the cutting tool and the modification of the blade tool material.

### Przykłady zastosowania w lotnictwie



Rys. 12. Możliwe zastosowanie monolitycznych frezów ceramicznych w obróbce podzespołów silników lotniczych  
Fig. 12. The possible use of monolithic ceramic cutters for machining of aircraft engine components

### Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

- WSK Rzeszów
- Producenci narzędzi skrawających.
- Manufacturers of cutting tools.

### Wskaźniki realizacji celów projektu

- Referaty**
- Piotr Laskowski, Krzysztof Krupa, Robert Ostrowski.: **Obróbka skrawaniem stopów żaroodpornych na osnowie niklu z zastosowaniem monolitycznych narzędzi ceramicznych.** V Seminarium ZB1, ZB2 i ZB5 Projektu Kluczowego: Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym, Warszawa 2012

- Publikacje**
- Piotr Laskowski, Krzysztof Krupa, Robert Ostrowski.: **Obróbka skrawaniem stopów żaroodpornych na osnowie niklu z zastosowaniem monolitycznych narzędzi ceramicznych. (w przygotowaniu)**