

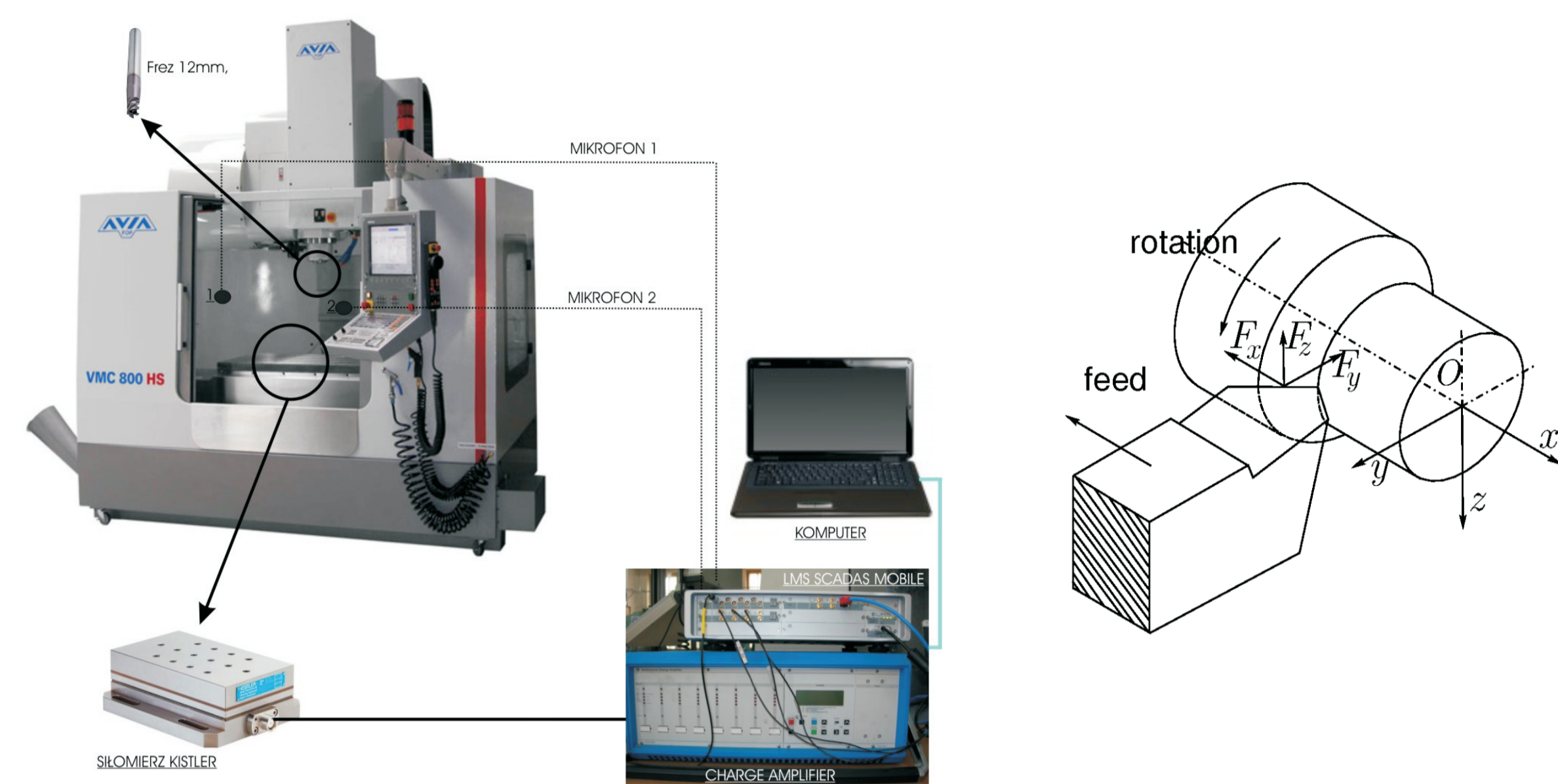
Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych 1.3 Obróbka HSM nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych stosowanych w lotnictwie

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Łódzka, Politechnika Warszawska

Wyniki badań

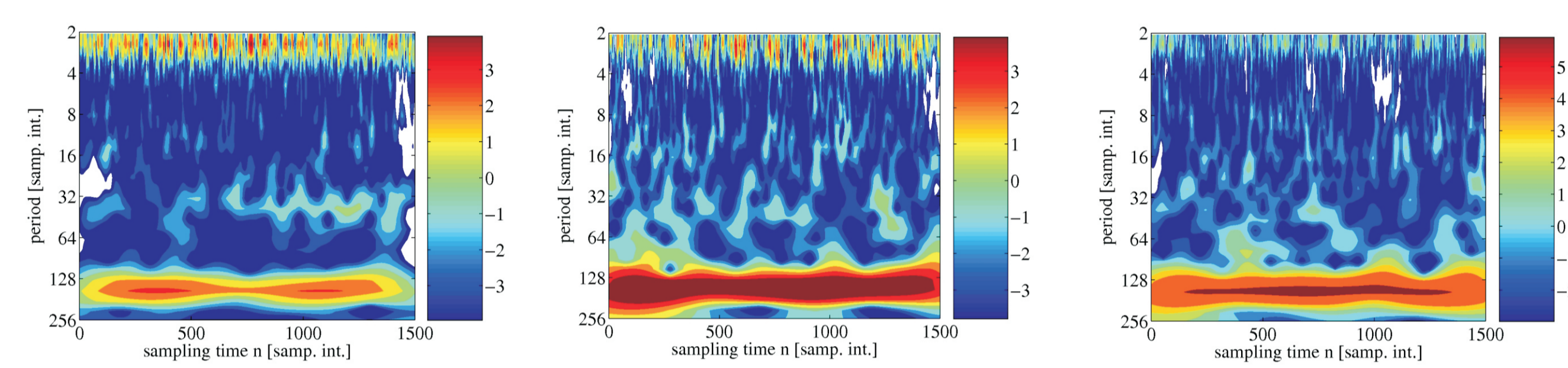
Pomiary drgań, temperatury, dźwięku i sił skrawania podczas obróbki trudnoobrabialnych materiałów lotniczych

Stopy niklu: Inconel 617, Inconel 718, Inconel 713C, Inconel 100, Inconel X750
Stopy tytanu: Ti6Al4V, Ti6Al2Sn4Zr2Mo
Kompozyty polimerowe wzmacniane włóknami szklanymi i węglowymi



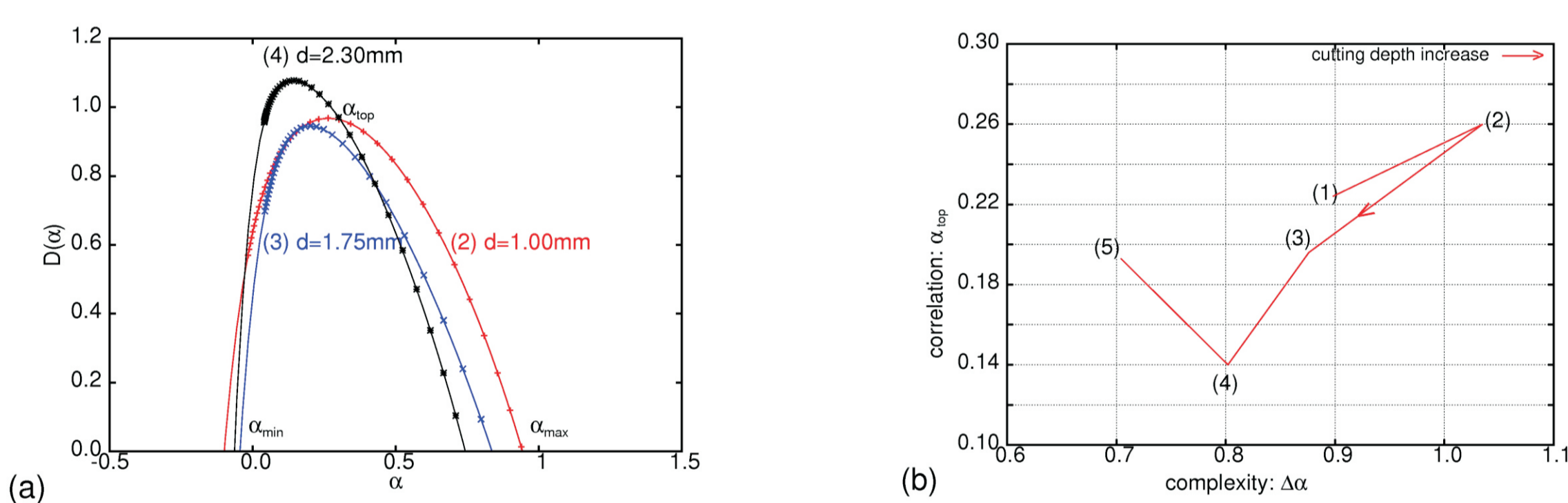
Rys. 1. Stanozisko pomiarowe do badania procesów obróbki HSM. Schemat procesu toczenia

Obróbka stali kwasoodpornej EZ6NCT25 - toczenie
Analiza falkowa



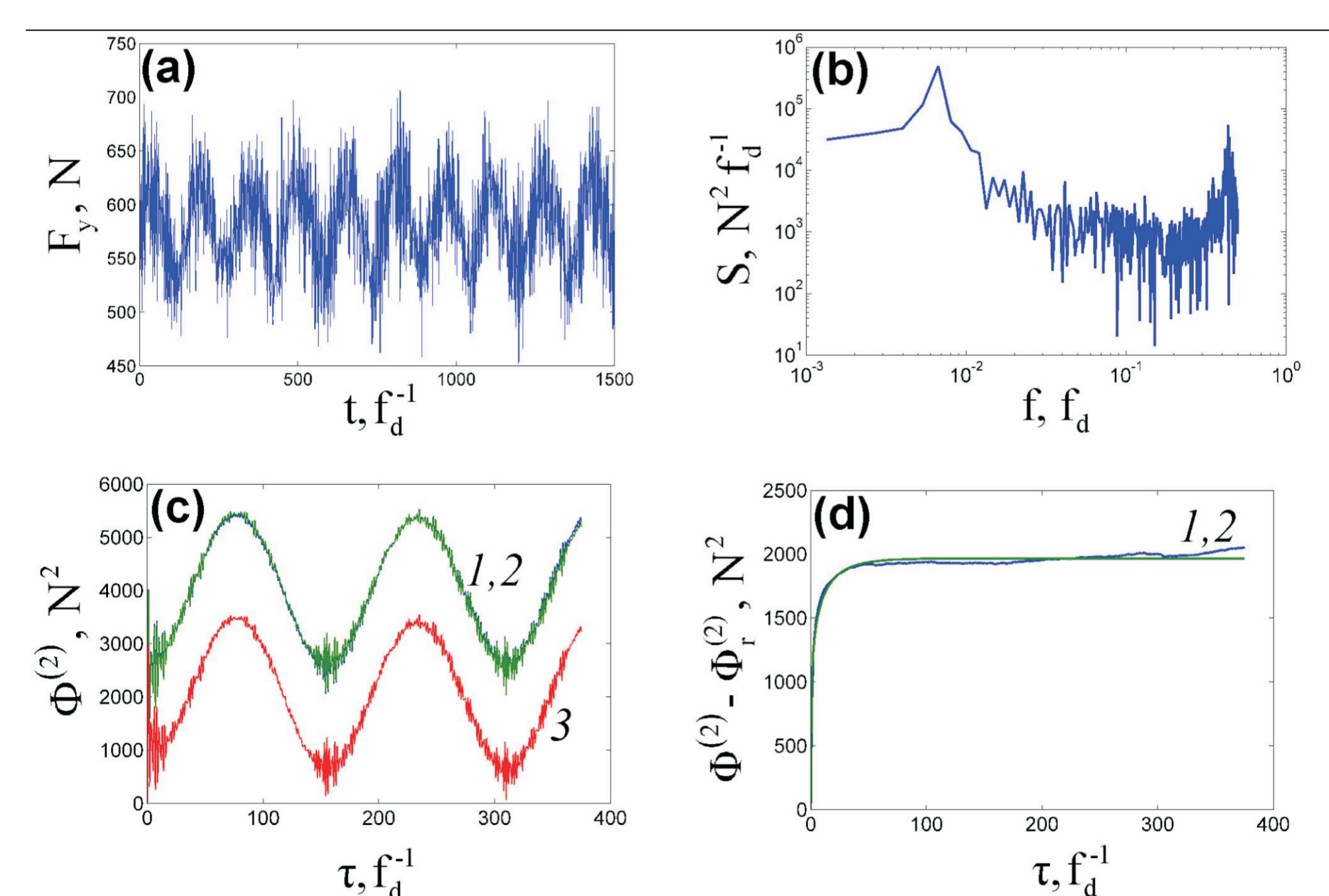
Rys. 2. Falkowe widmo mocy dla trzech różnych głębokości skrawania $a_p = 2,30mm$ (c)

Analiza multifraktalna



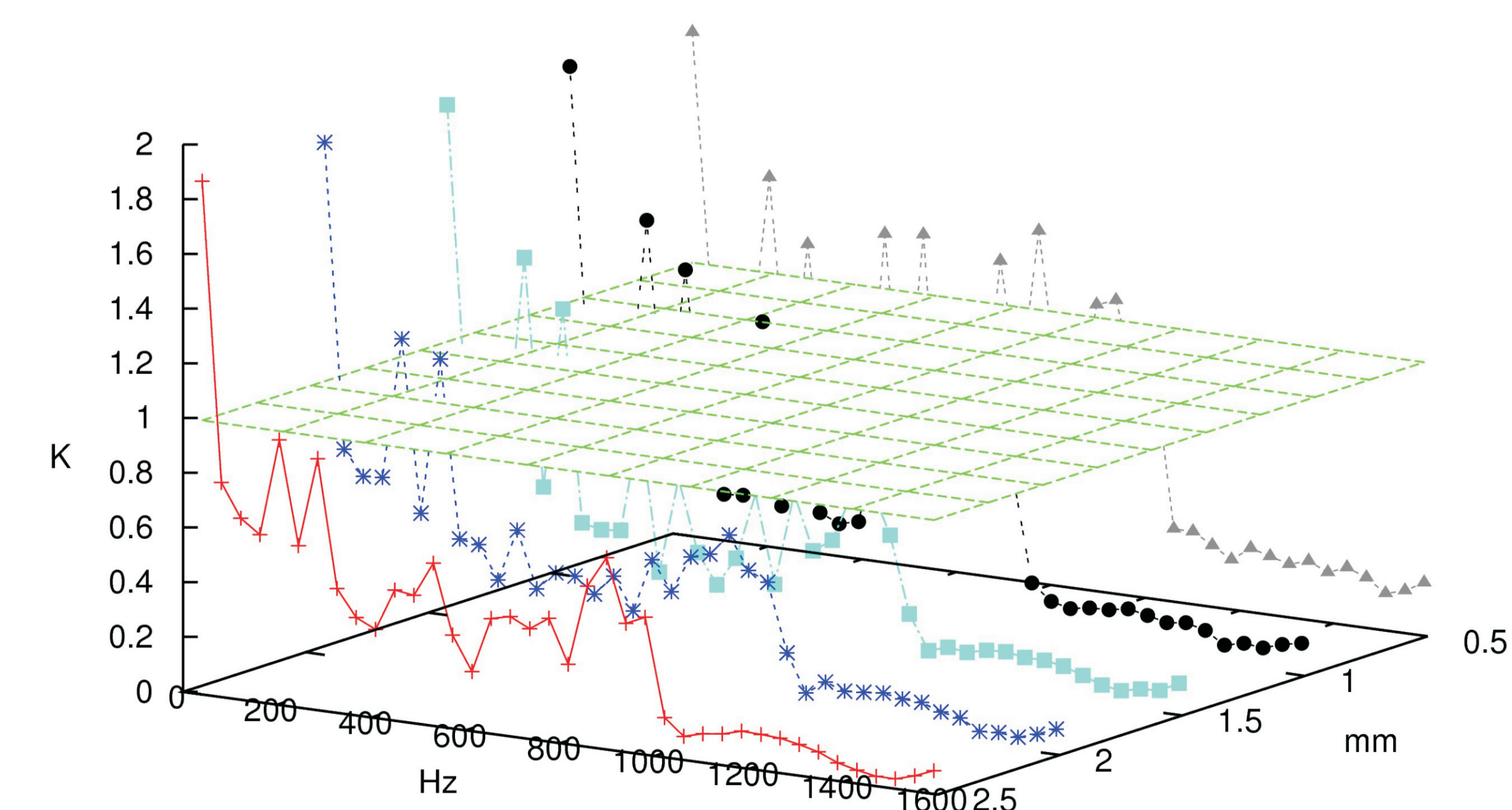
Rys. 3. Multifraktalny rozkład trzech wybranych przypadków $a_p = 2,30mm$ (a). Wyres złożoności: σ_{ms} versus Δa

Ficker-noise spectroscopy (FNS, spektroskopia szumu kolorowego)



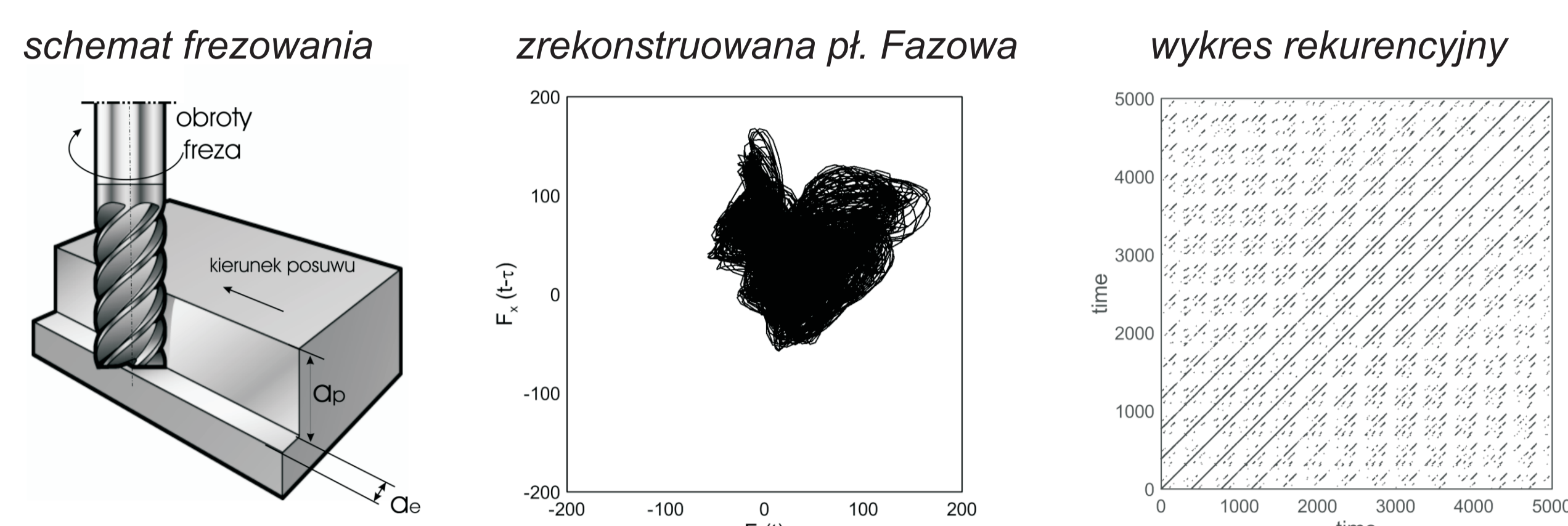
Rys. 4. Przebieg czasowy siły (a); widmowa funkcja mocy (b); przejściowa struktura Kolmogorova (c); składowa stochastyczna sygnału siły (d) przy głębokości skrawania 1mm

Obróbka stopu Inconel 713C

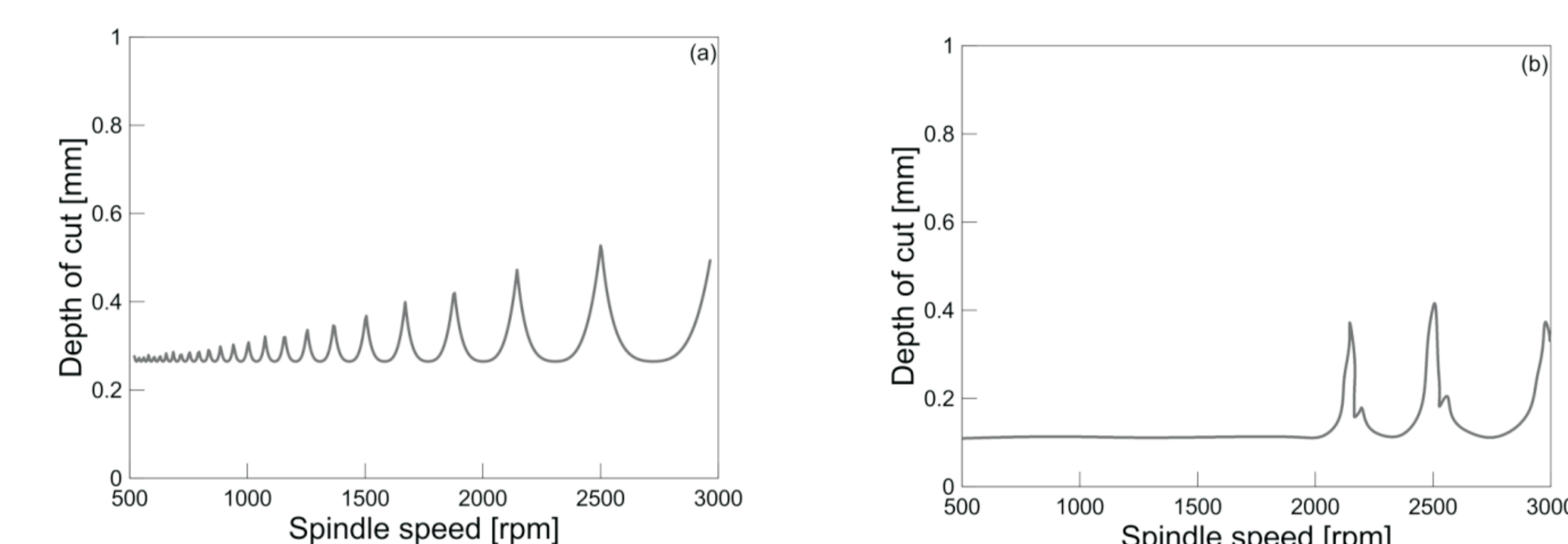


Rys. 6. Funkcja K testu 0-1 wyznaczone dla pierwszej harmonicznej ($K=1.87$) oraz jej wielokrotności.

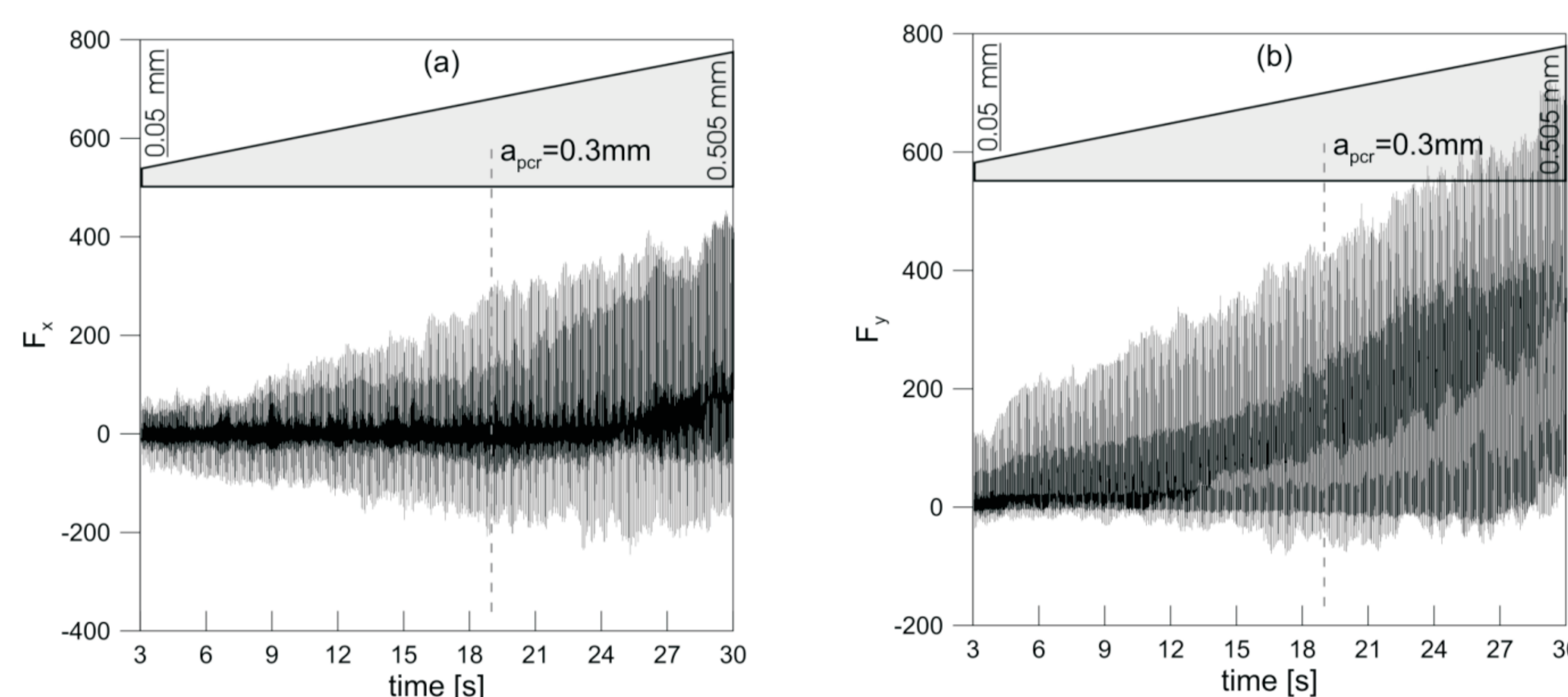
Frezowanie stopu Inconel 713C, 718 i 617



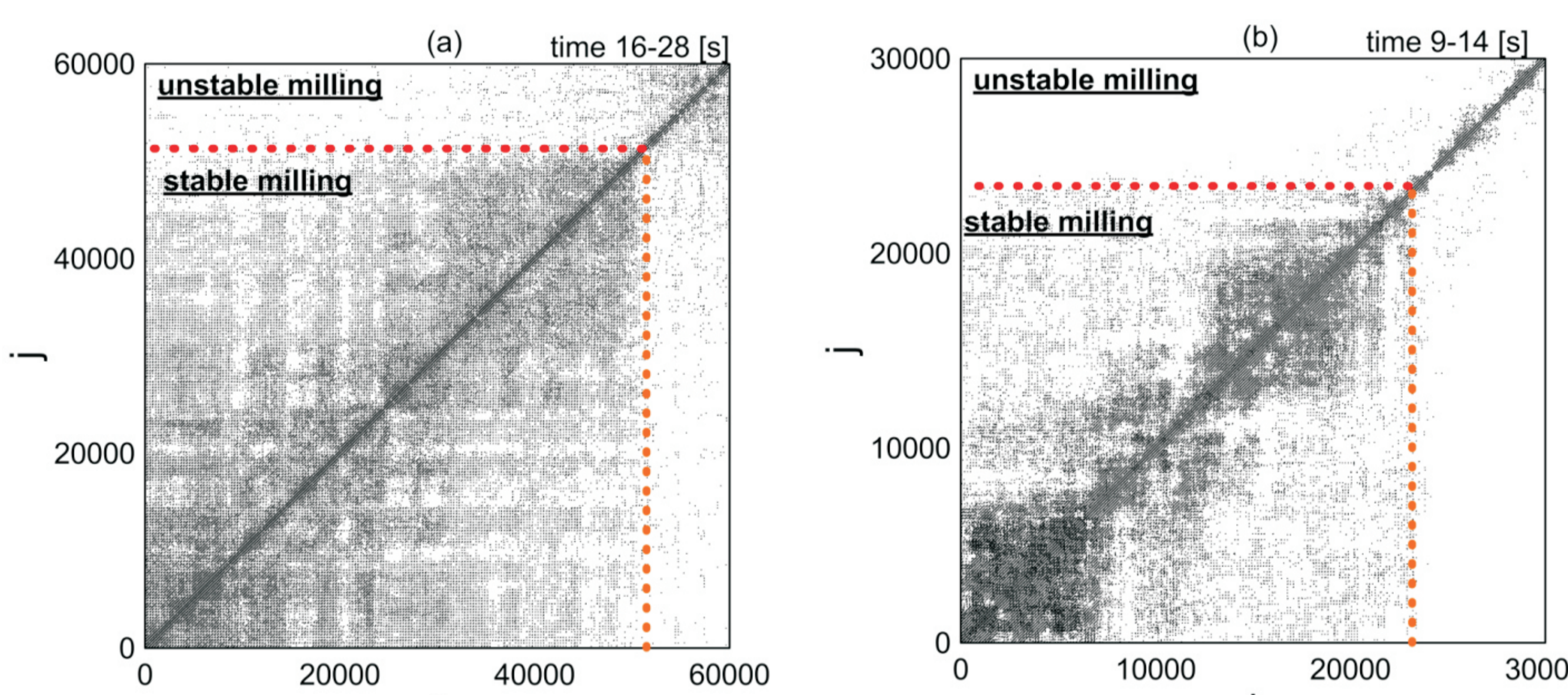
Analiza stabilności



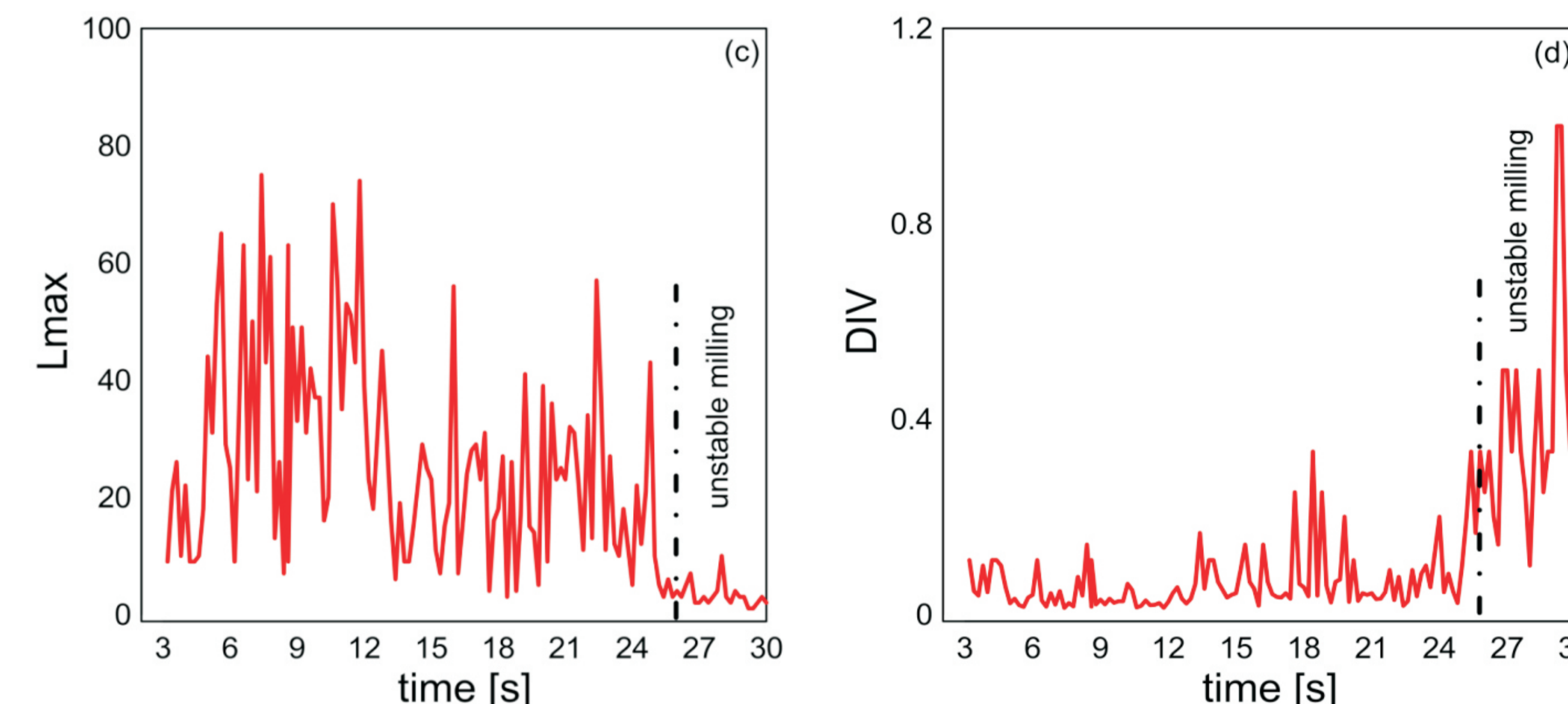
Rys. 1. Krzywe stabilności procesu frezowania według CutPro9 (a), machinist online



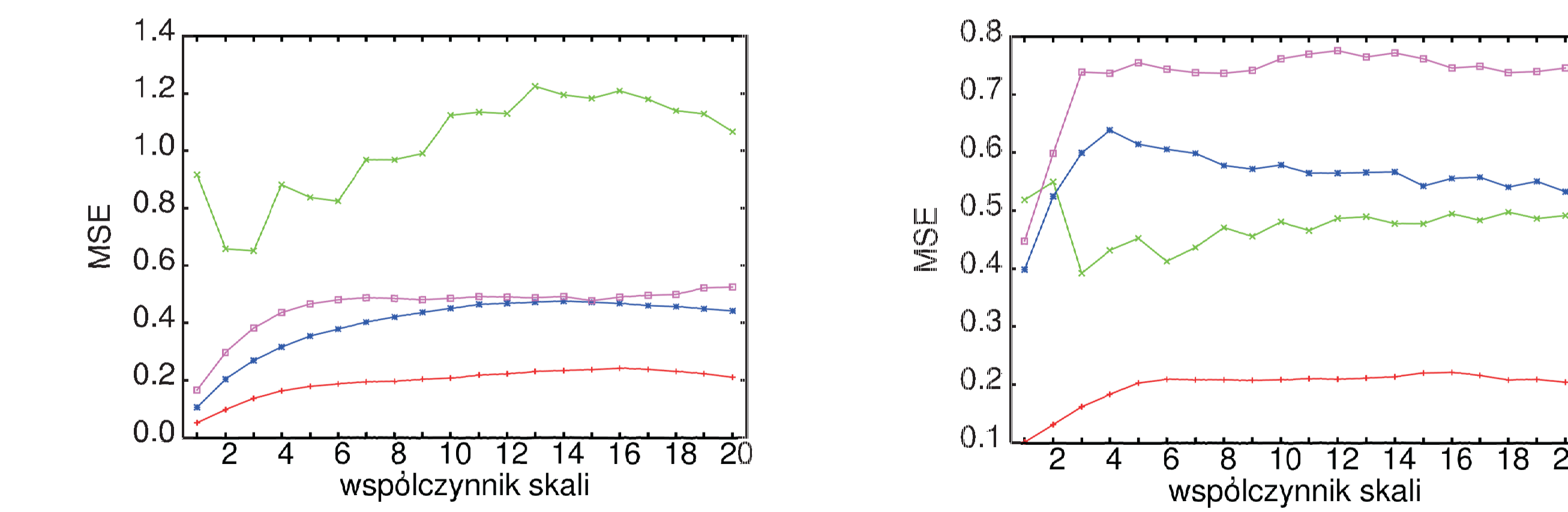
Rys. 1. Siły skrawania F_x (a) and F_y (b) podczas frezowania współbieżnego stopu Inconel 718 z prędkością 1000 obr/min i rosnącą głębokością skrawania



Rys. 1. Wykresy rekurencyjne przy prędkości $n=1000$ obr/min (a); $n=2000$ obr/min (b)



Rys. 1. Kwantyfikatory wykresów rekurencyjnych: maksymalna długość linii diagonalnej L_{max} (a); divergencja DIV (b).



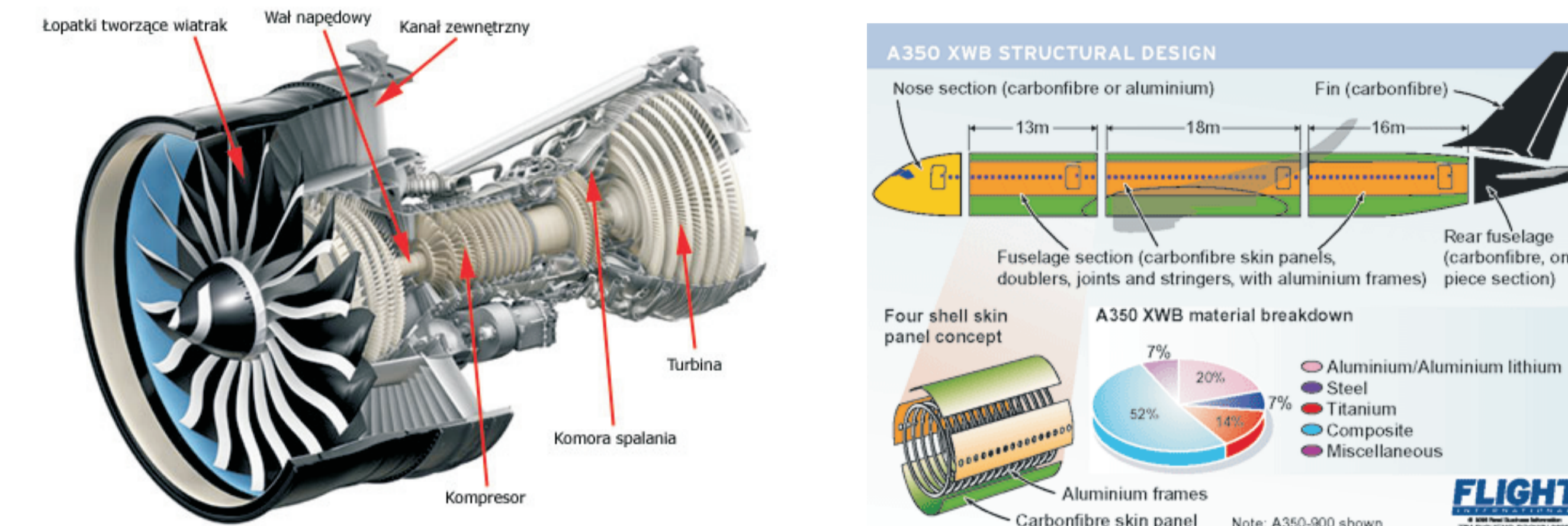
Rys. 1. Entropia wieloskalowa siły skrawania F_x i F_z przy prędkościach skrawania v_s : 35.215 (linia czerwona), 50.26 (linia zielona), 70.4 (linia niebieska), 95.5 (linia fioletowa).

Wnioski

Wskaźniki identyfikacji obszarów stabilnego i niestabilnego skrawania mogą zostać zdefiniowane na podstawie analizy kwantyfikatorów wykresów rekurencyjnych, entropii wieloskalowej, spektroskopii szumu kolorowego lub też analizy multifraktalnej! Obszary stabilności wyznaczone za pomocą komercyjnego oprogramowania powinny zostać zweryfikowane za pomocą wskaźników opisanych powyżej.

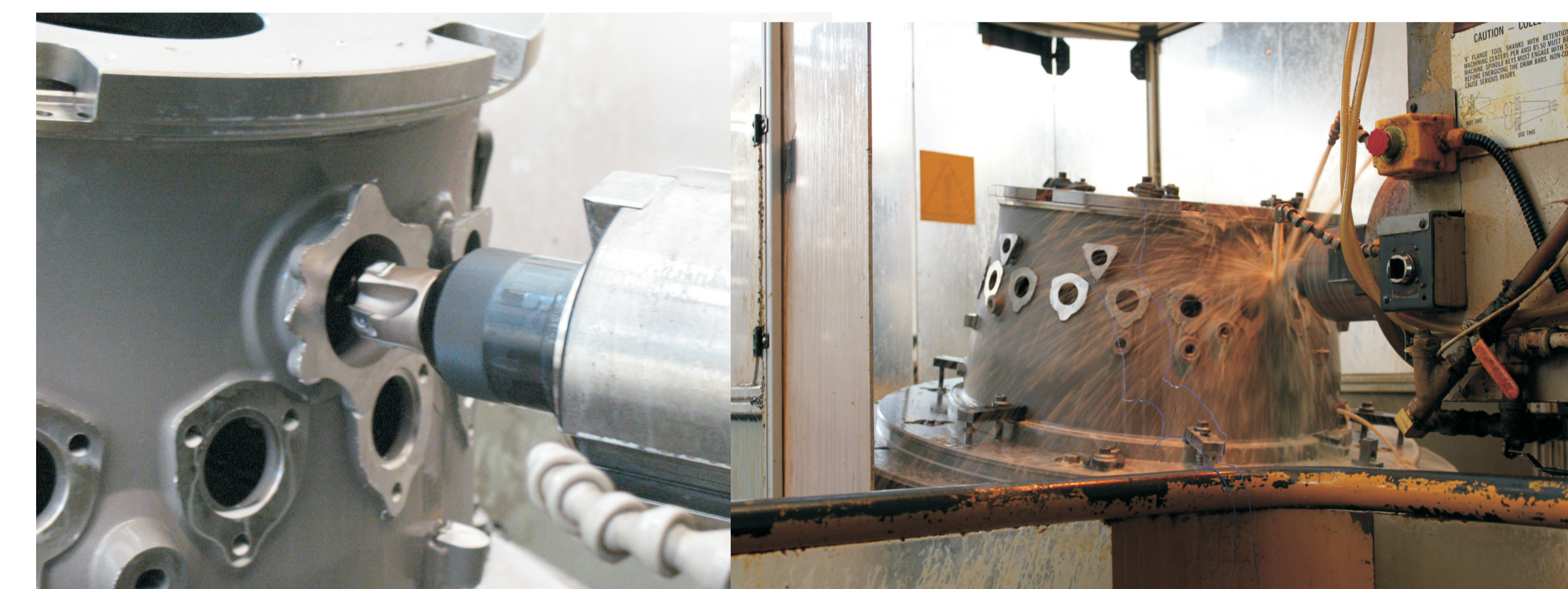
Przykłady zastosowania w lotnictwie

Materiały z grupy tzw. "superstopów" tj. między innymi stopy niklu i tytanu stosowane są na elementy silników odrzutowych pracujące w ekstremalnych warunkach.

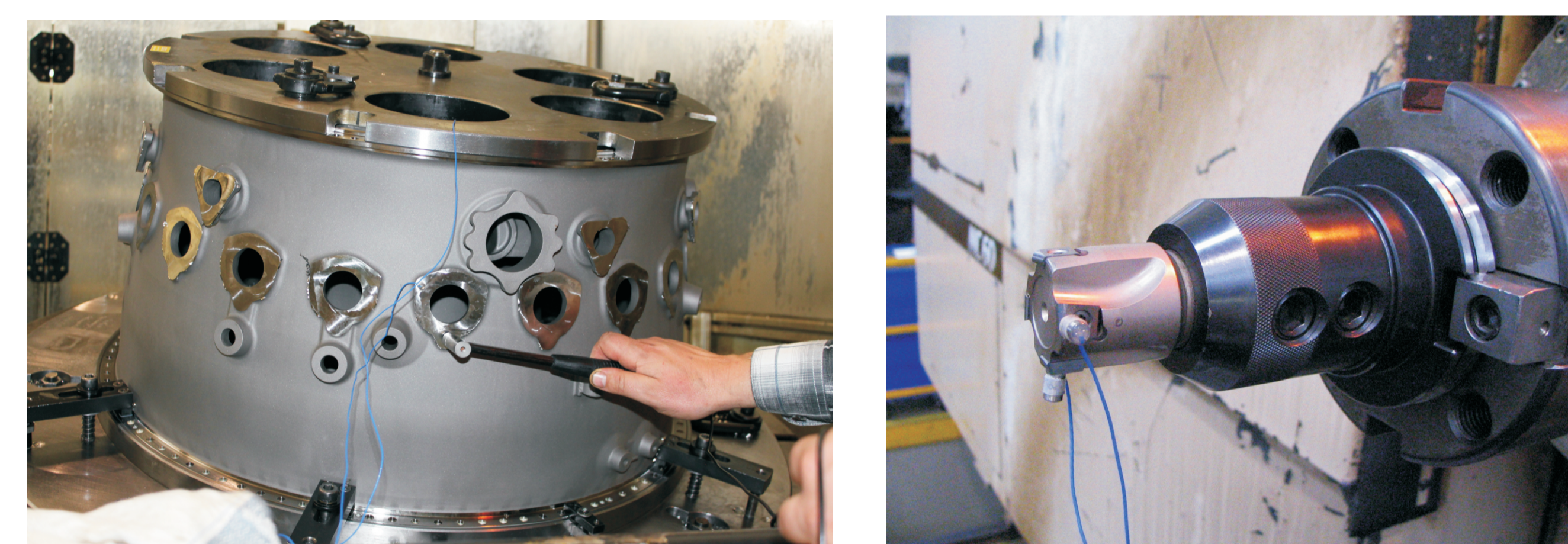


Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

WSK "PZL-Rzeszów" SA - Skrawanie elementów cienkościennych wykonanych z trudnoobrabialnych stopów lotniczych
Celem badań jest uzyskanie lepszej dokładności wymiarowo - kształtowej elementu obrabianego a także skrócenie czasu obróbki



WSK "PZL-Rzeszów" SA - Analiza modalna elementów cienkościennych wykonanych z trudnoobrabialnych stopów lotniczych
Celem badań jest uzyskanie charakterystyk dynamicznych przedmiotu obrabianego i narzędzia zamocowanego w uchwycie obrabiarki, które następnie zostaną wykorzystane w badaniach modelowych procesu frezowania.



Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty

- Kęćik K., Warmiński J., Rusinek R.: **Vibration analysis during cutting process of aviation materials**, Manufacturing, Poznań 2010.
- Rusinek R., Kęćik K., Warmiński J.: **Dynamics of composite material cutting**, Manufacturing, Poznań 2010.
- Rusinek R., Kęćik K., Warmiński J.: **Analiza stabilności procesu frezowania stopu tytanu**, SOS Łódź 2010
- Rusinek R., Kęćik K., Warmiński J.: **Dynamics of Cutting Process of Materials used In Aviation Industry**, IUTAM, Aberdeen 2010
- Rusinek R., Kęćik K., Warmiński J.: **Regenerative chatter in composites milling**, HSM, Metz 2010
- Kęćik K., Warmiński J., Rusinek R.: **Experimental verification of stability lobes of nickel superalloys milling**, HSM, Metz 2010

Publikacje (konferencyjne i w recenzji)

- Rusinek R., Kęćik K., Warmiński J. **Analiza stabilności procesu frezowania stopu tytanu**. Obróbka Skrawaniem Współczesne Problemy pod redakcją B. Kruszyńskiego. Szkoła obróbki skrawaniem, 253-260, 2010.
- Rusinek R., Warmiński J., Kęćik K. **Dynamics of Cutting Process of Materials used In Aviation Industry**, Proceedings of IUTAM Symposium on Nonlinear Dynamics for Advanced Technologies and Engineering Designed (NDATED), Aberdeen, Scotland 111-112, 2010.
- Kęćik K., Rusinek R., Warmiński J. **Vibration analysis during cutting process of aviation materials**. 3rd International Conference Manufacturing 2010. Contemporary problems of manufacturing and production management, Proceedings, 98, Poznań, 2010.
- Rusinek R., Warmiński J., Kęćik K. **Dynamics of composite material cutting**. 3rd International Conference Manufacturing 2010. Contemporary problems of manufacturing and production management, Proceedings, 176, Poznań, 2010.
- Litak G., Rusinek R. **Vibrations in stainless steel turning: multifractal and wavelet approaches**
- Litak G., Polyakov Y.S., Timashev S.F., Rusinek R. **Dynamics of stainless steel turning: Analysis by icker-noise spectroscopy**

Prace mgr, dr, hab.

Prace inżynierskie obronione:

- Kawka Artur : **Wpływ posuwu na siły skrawania podczas frezowania stopu Inconel 617**. Promotor: dr inż. Rusinek Rafał

Prace inżynierskie planowane

- Sylwester Głogowski: **Wpływ prędkości skrawania na siły podczas frezowania stopu Inconel 617**. Promotor: dr inż. Rusinek Rafał
- Adam Łojewski: **Skrawalność stopu tytanu Ti6Al4V**. Promotor: dr inż. hab. Kazimierz Zaleski

Prace magisterskie obronione

- Paweł Owsicki: **Pomiar sił w procesie skrawania stopów niklu stosowanych w lotnictwie**. Promotor: dr inż. Rafał Rusinek, planowany termin obrony pracy, wrzesień 2010
- Krzysztof Ciecielag: **Badania wybranych wskaźników skrawalności w procesie frezowania kompozytów polimerowych**. Promotor: dr inż. hab. Kazimierz Zaleski
- Mateusz Osiński: **Badania wpływu warunków technologicznych obróbki wybranych stopów lotniczych na chropowatość powierzchni i mikrotwardość warstwy wierzchniej**. Promotor: dr inż. hab. Kazimierz Zaleski

Prace doktorskie

- Tytuł: **Aktywna eliminacja drgań typu chatter w obróbce skrawaniem**
Autor: mgr inż. Andrzej Weremczuk
Promotor: dr hab. Inż. Jerzy Warmiński, prof. PL
Status: *W trakcie realizacji*

Prace habilitacyjne

- Tytuł: **Zjawiska nieliniowe w obróbce skrawaniem**
Autor: dr inż. Rafał Rusinek
Status: *W trakcie realizacji*