

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych

Development of advanced processes of HSM of almost unworkable aeronautical alloys

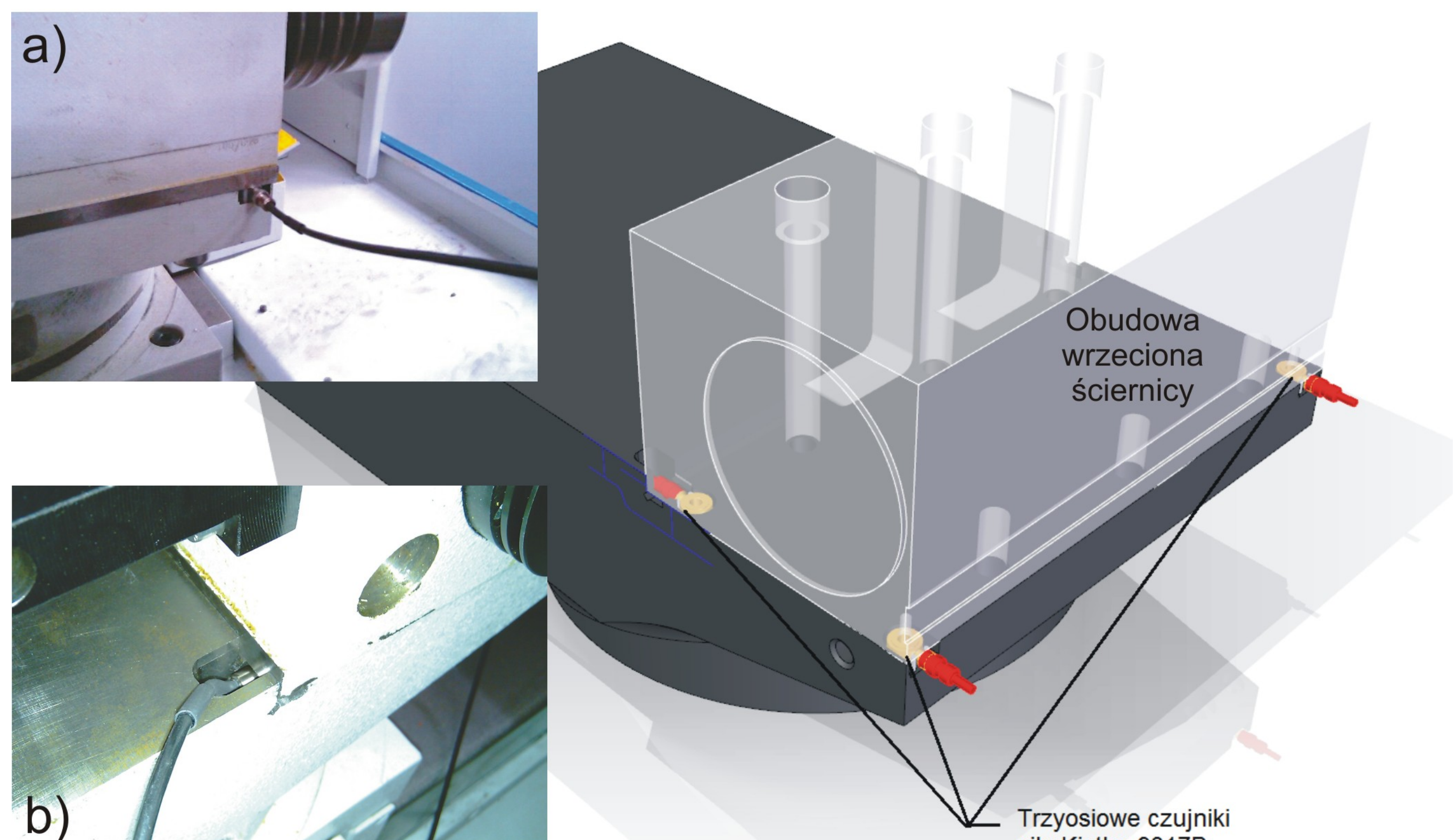
Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Łódzka, Politechnika Warszawska

Wyniki badań Results

- Zmodernizowano szlifierkę Tacchella i TOS BUA-25 Practic w celu przeprowadzenia badań szlifowania kłowego wałków.
Modernization of Tacchella and TOS BUA-25 Practic grinding machines in order to conduct grinding process research.
- Opracowano i uruchomiono zaawansowany interfejs użytkownika dla cyklu szlifowania węgelnego w ramach budowy inteligentnego systemu szlifowania.
Development of advanced user interface for infeed grinding cycle within the confines of intelligent grinding system.
- Uruchomiono i przetestowano układ sterowania numerycznego dla cyklu szlifowania węgelnego z wykorzystaniem sterownika PLC firmy Mitsubishi i panelu dotykowego GOT 1000 (oprogramowanie sterownika PLC zostało opracowane w języku drabinkowym).
Development of numerical control system for infeed grinding cycle with the use of Mitsubishi programmable logical controller using ladder logic language.
- Zmodyfikowano układu sterowania numerycznego Sinumerik 840D szlifierki TOS BUA-25 Practic w celu uzyskania otwartej struktury sterownika numerycznego, umożliwiającej zmianę przebiegu programu CNC w trakcie procesu szlifowania. Komunikacja z układem sterowania odbywa się z wykorzystaniem złącza ProfiBus.
Modification of numerical control system (CNC) Sinumerik 840D of TOS BUA-25 Practic grinding machine in order to obtain open CNC structure which make possible change of the course of kinematic parameters during the grinding process. Communication with the CNC unit is made using ProfiBus interface.
- Przebudowa wrzeciennika ściernicy szlifierki TOS BUA-25 oraz Tacchella w celu zamontowania piezoelektrycznych czujników siły firmy Kistler. Przeprowadzono wzorcowanie torów pomiaru składowych odporowej, stycznej i osiowej siły szlifowania.
Conversion of grinding wheel headstock of TOS BUA-25 and Tacchella grinding machines in order to mount piezoelectric three axis Kistler force sensors. Calibration of measurement channels of tangential, normal and axial force components.
- Opracowano modele procesu szlifowania (siły, odkształceń sprężystych, dynamiki procesu szlifowania, temperatury, geometrii powierzchni obrabianej i ściernicy).
Development of grinding process models (force, workpiece elastic deformation, dynamics, temperature and geometry of the workpiece and grinding wheel).
- Opracowano oprogramowanie pomiarowe do rejestracji składowych siły szlifowania, drgań, emisji akustycznej, falistości przedmiotu i ściernicy oraz mikrogeometrii ściernicy.
Development of measurement software for acquisition of force components, grinding vibrations, acoustic emission signal, shape of the workpiece and grinding wheel and micro-geometry of grinding wheel.
- Opracowano oprogramowanie do analizy parametrów makro i mikrogeometrii czynnej powierzchni ściernicy CPS.
Development of software for analysis of macro and micro-geometry of grinding wheel.
- Przeprowadzono badania procesu szlifowania dla lotniczych i konwencjonalnych materiałów obrabianych w celu przygotowania danych dla modeli procesu szlifowania oraz weryfikacji tych modeli - zadanie w trakcie realizacji.
Research of grinding process for conventional and hard to machine materials in order to prepare data for grinding process models. Task during realization.
- Opracowano algorytmy identyfikacji wczesnych symptomów niepożądanych stanów procesu, tj. uszkodzeń cieplnych, drgań samowzbudnych, wykuszania się ściernicy, itp. z wykorzystaniem metod analizy składowych głównych PCA i modeli regresji z użyciem PCA (Principal component regression PCR), składowych niezależnych ICA i drzew decyzyjnych - zadanie w trakcie realizacji.
Development of algorithms for identification of early symptoms of undesired process states, i.e. thermal defects, chatter vibrations, self-sharpening of grinding wheel, etc. with the use of standard and Kernel principal and independent component analysis and decision trees/Petri Nets. Task during realization.
- Opracowano algorytmy estymacji parametrów warstwy wierzchniej przedmiotów obrabianych - zadanie w trakcie realizacji.
Development of algorithms for estimation of workpiece surface layer parameters. Task during realization.

Zadania inteligentnego systemu szlifowania trudnoobrabialnych stopów lotniczych (Tasks of the intelligent grinding system)

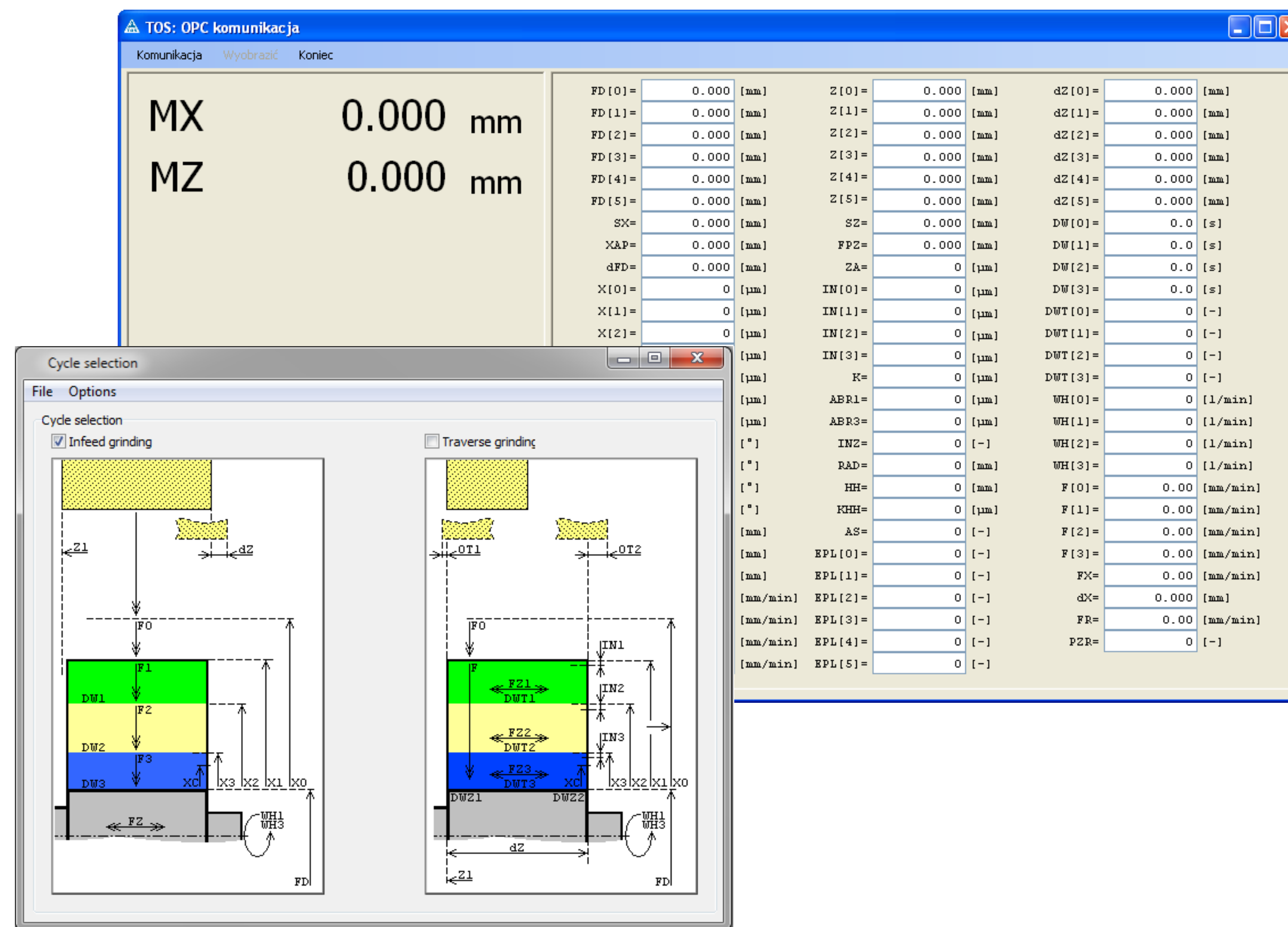
- Automatyczny dobór najodpowiedniejszej ściernicy i chłodziwa dla danego materiału obrabianego z wykorzystaniem systemów baz danych.
Automatic selection of the most suitable grinding wheel and coolant for different materials being ground based on data bases.
- Dobór parametrów technologicznych obróbki z wykorzystaniem systemów baz danych i opracowanych modeli procesu szlifowania.
Selection of grinding kinematic parameters with the use of data bases and grinding process models.
- Identyfikacja różnych stanów procesu szlifowania, tj. drgań samowzbudnych, przypażeń, itp.
Identification of different states of grinding process, i.e. chatter vibrations, thermal damages, etc.



Rys. 1. Sposób zamocowania trzosiowych piezoelektrycznych czujników siły Kistler 9317B; a) umiejscowienie z przodu obudowy wrzeciennika ściernicy, b) pozycja z tyłu obudowy wrzeciennika ściernicy.
Fig. 1. Method of fixture of three-axis Kistler 9317B piezoelectric force sensors: a) position in front side of grinding wheel headstock casing; b) position in the back of grinding wheel headstock.

Integracja algorytmów optymalizacji procesu szlifowania z układem sterowania CNC Sinumerik 840D szlifierki TOS BUA-25 i Mitsubishi Q-PLC w celu optymalizacji procesu szlifowania

Na rysunku 2 przedstawiono interfejs użytkownika dla cyklu szlifowania węgelnego i wzdułznego dla komputera PC służący do wymiany parametrów cyklu szlifowania ze sterowaniem numerycznym Sinumerik 840D. Parametry szlifowania w kolejnych fazach szlifowania mogą być ustalane przed, jak również modyfikowane w trakcie realizacji procesu szlifowania z wykorzystaniem odpowiednich modeli procesu szlifowania i baz danych o procesie.



Rys. 2. Widok interfejsu użytkownika opracowany w środowisku Visual Studio do wymiany danych z systemem sterowania numerycznym Sinumerik 840D szlifierki TOS BUA-25 Practic.
Fig. 2. General view of the user interface developed in Visual Studio programming environment for the exchange of grinding parameters with numerical control Sinumerik 840D of TOS BUA-25 grinding machine.

Badania procesu szlifowania dla stopów niklu i tytanu

Badania przeprowadzono dla stopów niklu i tytanu. Ściernica Wintherthur 81A-60-F15-VPH60 (mieszanka korundu spiekane go 10%), korundu monokrystalicznego i białego korundu szlachetnego).

Dla stopów niklu próby szlifowania prowadzono przy następujących warunkach:

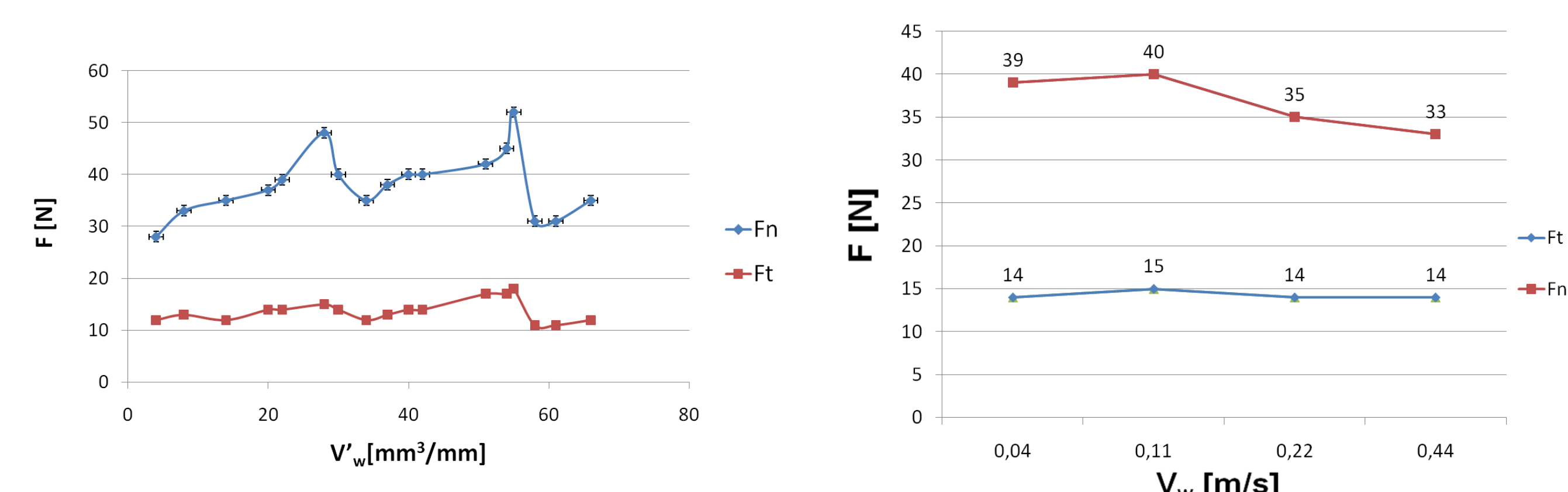
- Prędkość obwodowa przedmiotu: $v_w = 0.04$ do 0.44 m/s,
- Prędkość dosuwu ściernicy: $v_r = 2$ μ m/s.
- Prędkość szlifowania: $v_s = 25$ i 35 m/s.

Dla stopów tytanu próby szlifowania prowadzono przy następujących warunkach:

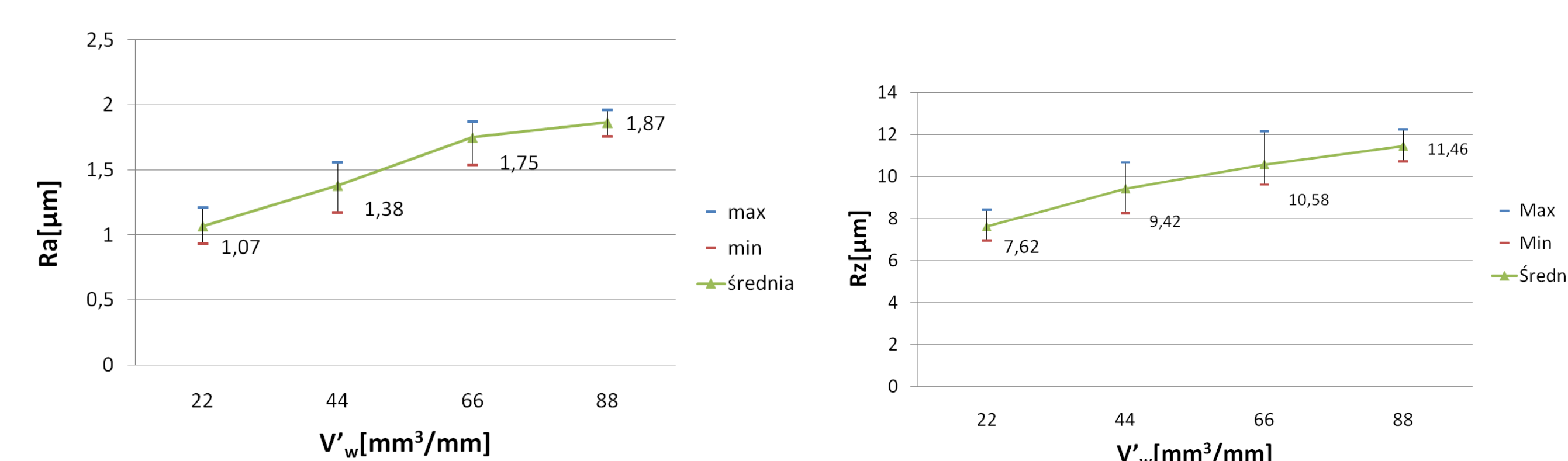
- Prędkość obwodowa przedmiotu: $v_w = 0.09$ do 0.75 m/s,
- Prędkość dosuwu ściernicy: $v_r = 2$ μ m/s.
- Prędkość szlifowania: $v_s = 35$ m/s.

Na rysunku 3 przedstawiono zmiany składowej normalnej F_n i stycznej F_t siły szlifowania w funkcji właściwego ubytku materiału obrabianego V_w oraz prędkości obwodowej przedmiotu obrabianego.

Przykładowe wyniki dla stopu niklu Inconel x750

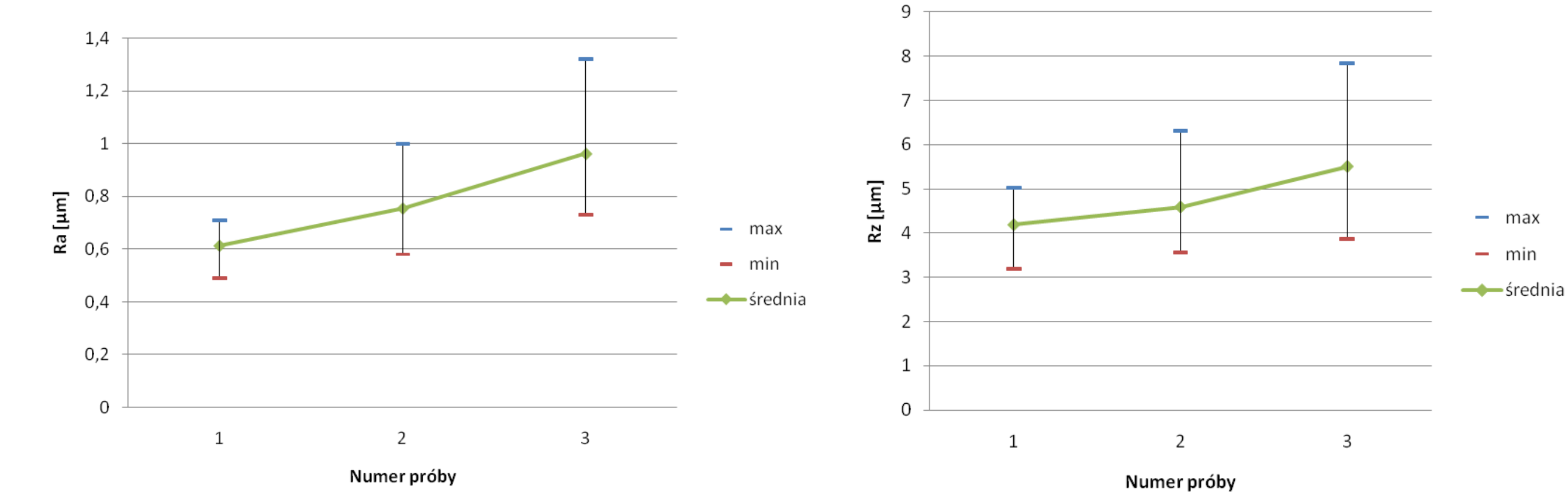


Rys. 3. Zmiany składowych sił szlifowania F_n i F_t w funkcji właściwej objętości zeszlifowanego materiału ($v_w=0,22$ m/s) i prędkości obwodowej przedmiotu. Parametry obróbki: $v_s=35$ m/s, $v_r=2$ μ m/s.
Fig. 3. Changes of normal and tangential force components F_n and F_t as a function of specific volume of removed material ($v_w=0,22$ m/s) and workpiece peripheral speed. Parameters of machining: $v_s=35$ m/s, $v_r=2$ μ m/s.



Rys. 4. Zmiany parametrów chropowatości R_a i R_z w funkcji objętości zeszlifowanego materiału. Parametry obróbki: $v_s=35$ m/s, $v_w=0,11$ m/s, $v_r=2$ μ m/s.
Fig. 4. Changes of surface roughness parameters R_a and R_z as a function of specific volume of removed material. Parameters of machining: $v_s=35$ m/s, $v_w=0,11$ m/s, $v_r=2$ μ m/s.

Przykładowe wyniki dla stopu tytanu



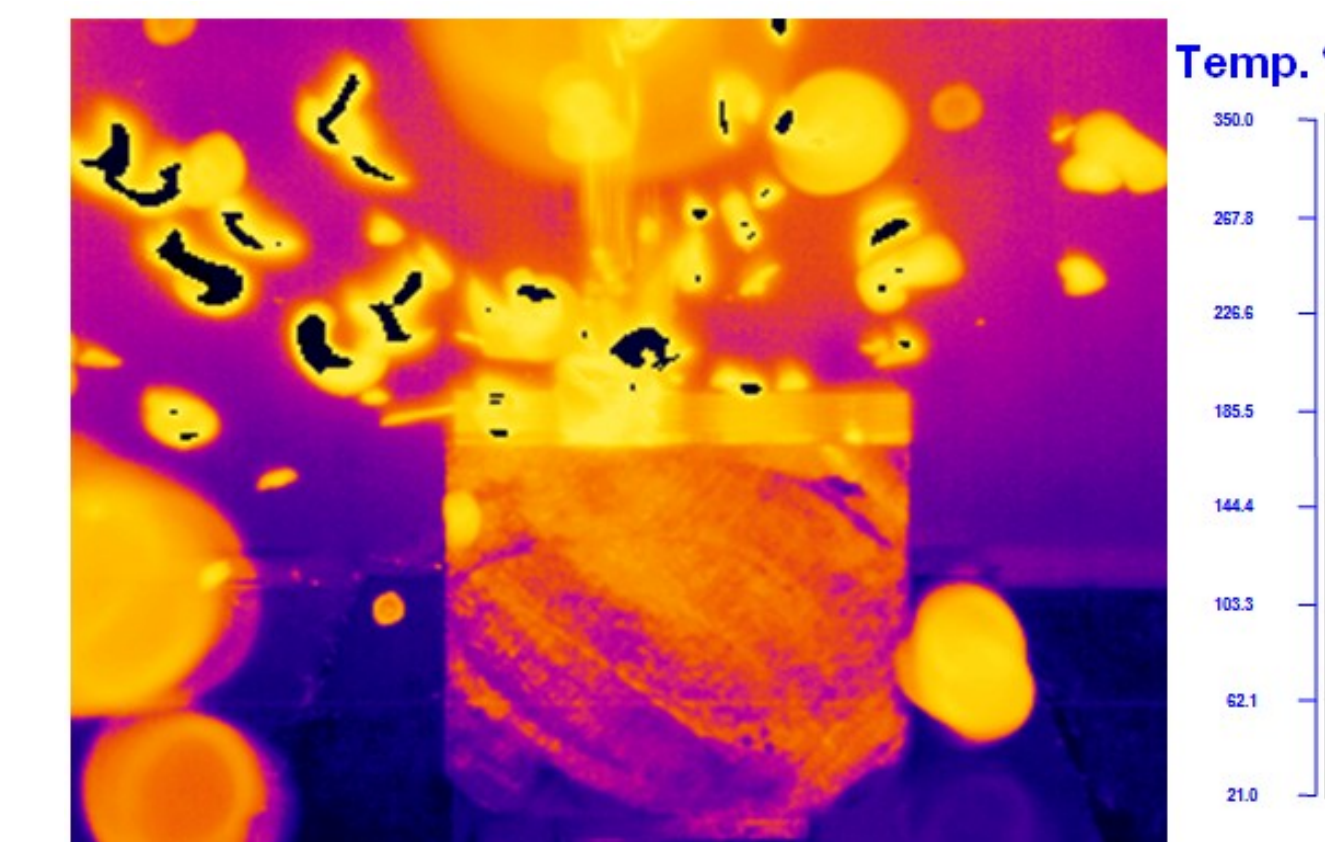
Rys. 5. Zmiany parametrów chropowatości R_a i R_z w kolejnych próbach szlifowania. Parametry obróbki: $v_s=35$ m/s, $v_w=0,38$ m/s, $v_r=2$ μ m/s.

Fig. 5. Changes of surface roughness parameters R_a and R_z in the following grinding cycles. Parameters of machining: $v_s=35$ m/s, $v_w=0,38$ m/s, $v_r=2$ μ m/s.

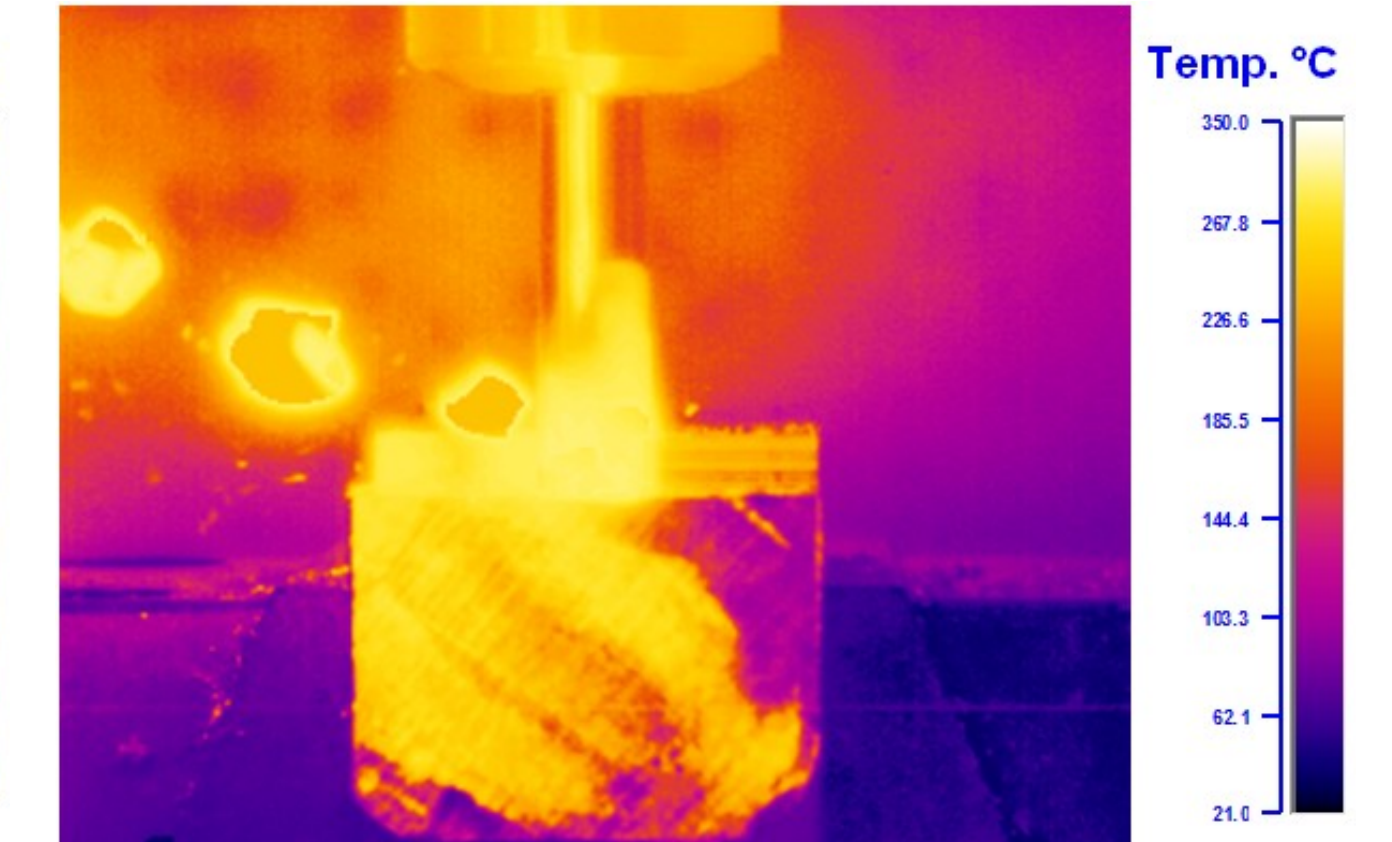
Badania temperatury frezowania stopu magnezu frezami różnych producentów.

Na rysunku 6 przedstawiono rozkłady temperatury podczas frezowania stopu magnezu AZ31 frezami różnych producentów. Zaobserwowano różny charakter tworzenia wióra i wynikowe temperatury dla różnych frezów.

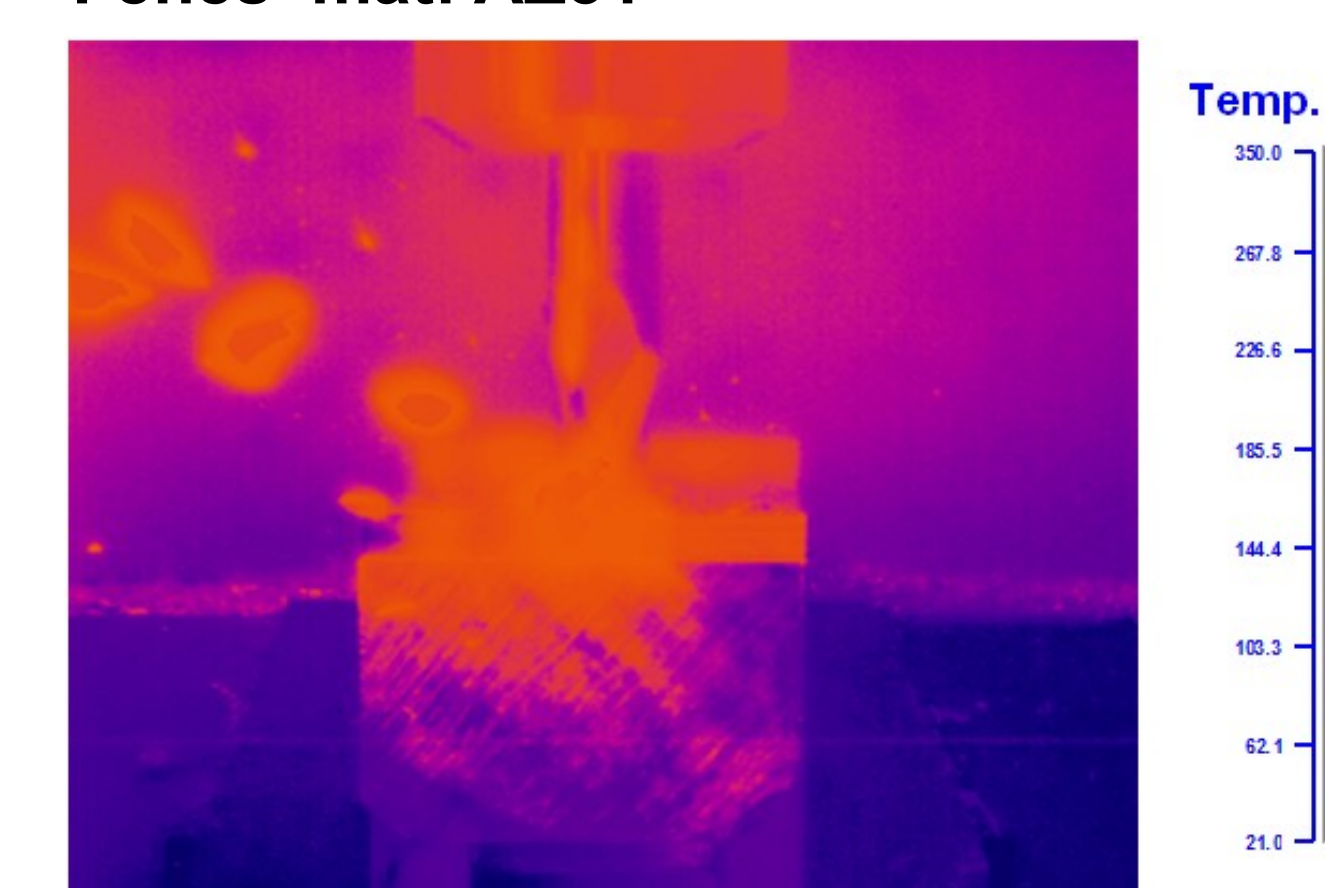
Sandvik mat: AZ31



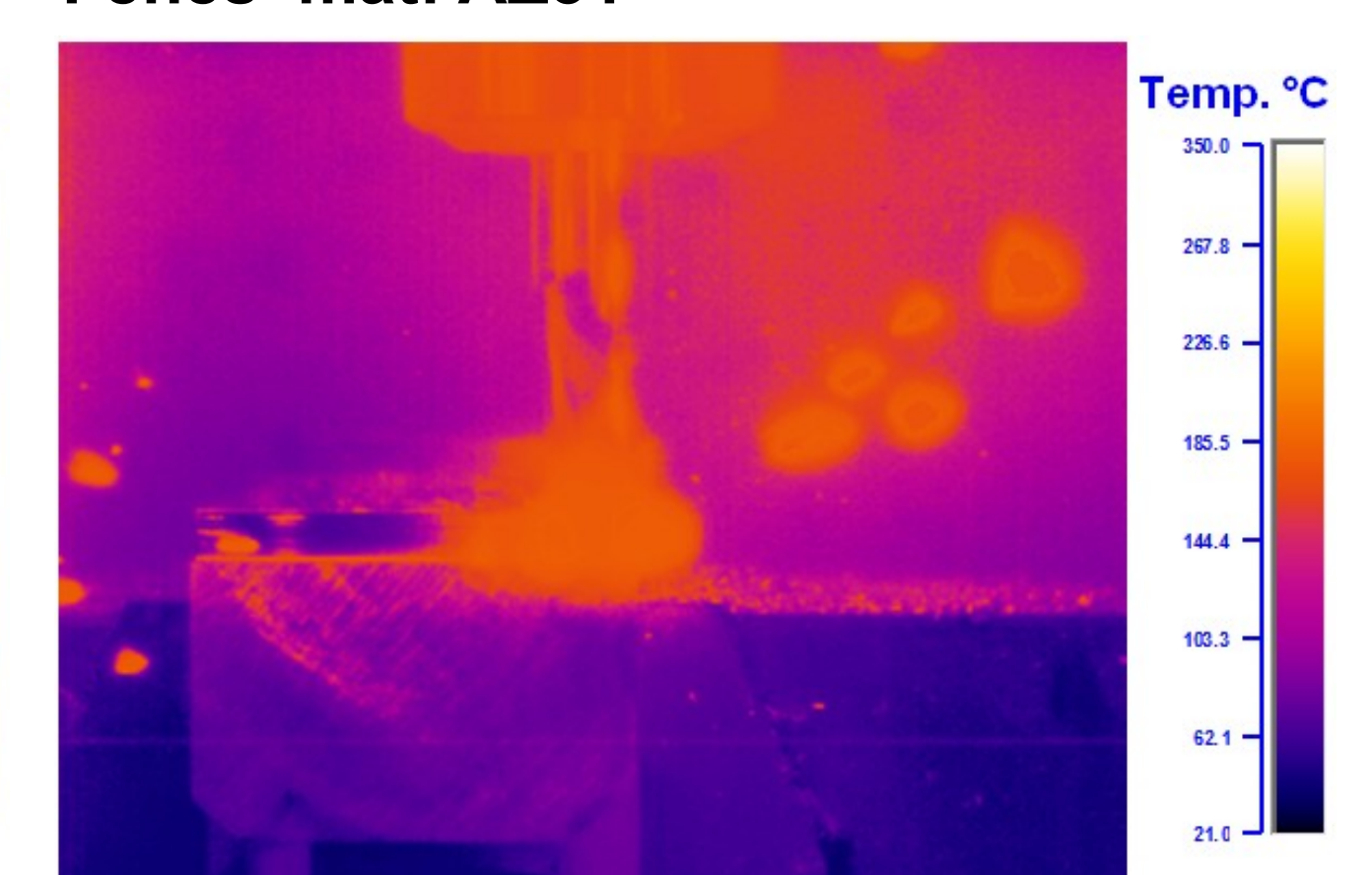
Guhring mat: AZ31



Fenes mat: AZ31



Fenes mat: AZ31



Rys. 6. Rozkłady temperatury podczas frezowania stopu magnezu AZ31 różnymi frezami.
Fig. 6. Temperature distribution during milling of magnesium alloy AZ31 using different milling tools.

Wnioski Conclusions

- Opracowanie modeli procesu szlifowania. Uzyskano wysoką zgodność opracowanych modeli z danymi eksperymentalnymi.
Development of grinding process models. A high correlation of the developed models with grinding results was obtained.
- Opracowane algorytmy diagnostyki pozwalają na wczesne wykrywanie niepożądanych stanów procesu, np. przypażeń czy drgań samowzbudnych.
Developed diagnostic algorithms allow for detection of early symptoms of undesired process states, i.e. grinding burn or chatter vibrations.
- Uzyskane wyniki badań wskazują na potrzebę zastosowania ściernicy CBN do szlifowania stopów niklu i tytanu.
The results point at the need to use CBN grinding wheels for machining of nickel and titanium alloys.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

- WSK "PZL-Rzeszów" SA - szlifowanie elementów cienkościennych wykonanych z trudnoobrabialnych stopów lotniczych
- WSK "PZL-Kalisz" SA - szlifowanie pokrycia Metco 45VFNs o składzie 25,5 Cr, 10,5%Ni, 7,5%W, 0,5%C, reszta Co, na średnicy zewnętrznej



Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

Nawiązano współpracę z WSK i dokonano wyboru przedmiotów, które zostaną użyte jako próbki w badaniach doświadczalnych. Celem współpracy jest wybór ściernicy i optymalizacja warunków obróbki w celu zapewnienia powtarzalnych parametrów jakościowych produkowanych elementów lotniczych.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

- Lajmert Paweł, Kruszyński Bogdan, Wrąbel Dariusz: *Identyfikacja wczesnych symptomów niepożądanych stanów procesu w szlifowaniu kłowym wałków*, XXXIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernicy, Gdańsk 2011.

Publikacje

- Lajmert Paweł, Kruszyński Bogdan, Wrąbel Dariusz: *Identyfikacja wczesnych symptomów niepożądanych stanów procesu w szlifowaniu kłowym wałków*, Inżynieria Maszyn, Zeszyt 4/2010, wydano w 2011r, Pod redakcją Bogdana Kruszyńskiego, Wydawnictwo Wrocławskiej Rady FSNT NOT, str. 78-94.
- Lajmert Paweł, Kruszyński Bogdan: *A diagnostic system for cylindrical plunge grinding process based on Hilbert-Huang transform and principal component analysis*, 5th International Conference on Advances in Production Engineering, Warsaw 2010, str. 117-126.

Prace mgr, dr, hab.

Prace magisterskie

- Sosnowski Daniel: *Badanie sił skrawania i chropowatości powierzchni podczas szlifowania węgelnego stopu niklu*. Promotor: Prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński.
- Wieteska Krzysztof: *Badanie sił skrawania i chropowatości powierzchni podczas szlifowania węgelnego stopu tytanu*. Promotor: Prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński.
- Szadkowski Radosław: *Szlifowanie materiałów i stopów trudnoobrabialnych*. Promotor: Prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński.
- Świerczyński Jakub: *Nowe sposoby chłodzenia w procesie szlifowania i ich wpływ na koszty*. Promotor: dr hab. inż. Ryszard Wójcik
- Kaszewski Rafał: *Wpływ procesu szlifowania na odkształcenia przedmiotów*. Promotor: dr hab. inż. Ryszard Wójcik
- Mariusz Podgórski: *Napęd główny stołu szlifierki SWF 25 za pomocą przekładni śruba-nakrętka toczonej*. Promotor: dr inż. Paweł Leżański
- Goio Zamora: *Machinability of Superalloys*, Praca zrealizowana w International Faculty of Engineering, 2010 rok, Promotor: Prof. Bogdan Kruszyński
- Tomasz Niedźwiecki: *Automatyzacja procesu obciążania ściernicy na szlifierce kłowej do wałków ze sterowaniem wykorzystującym sterownik PLC*. Promotor: dr inż. Paweł Lajmert

Prace habilitacyjne

- Dr inż. Paweł Leżański: *Automatyczny nadzór procesu szlifowania kłowego wałków*.
- Dr inż. Paweł Lajmert: *Inteligentny system kompensacji zakłóceń w procesie szlifowania kłowego wałków*, praca w trakcie realizacji.

