

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

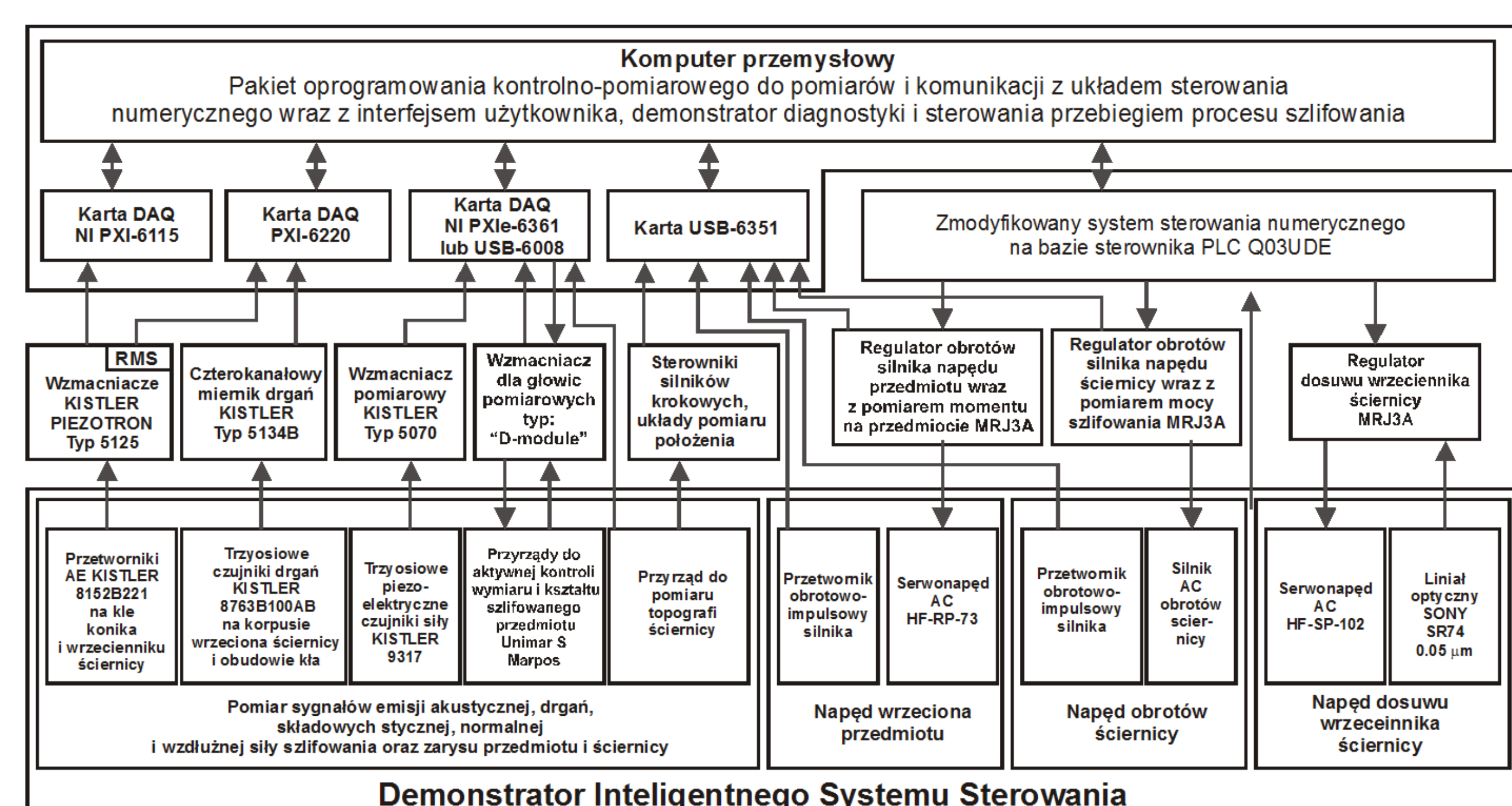
- Przebudowa wrzeciennika ściernicy szlifierki TOS BUA-25 w celu zamontowania piezoelektrycznych czujników siły firmy Kistler. Przeprowadzono wzorcowanie torów pomiaru składowych odporowej, stycznicy i osiowej siły szlifowania.
Conversion of grinding wheel headstock of TOS BUA-25 grinding machine in 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.
- Opracowano algorytmy identyfikacji wczesnych symptomów niepożądanych stanów procesu, tj. uszkodzeń cieplnych, drgań samowzbudnych, wykruszenia 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.
- 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.

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

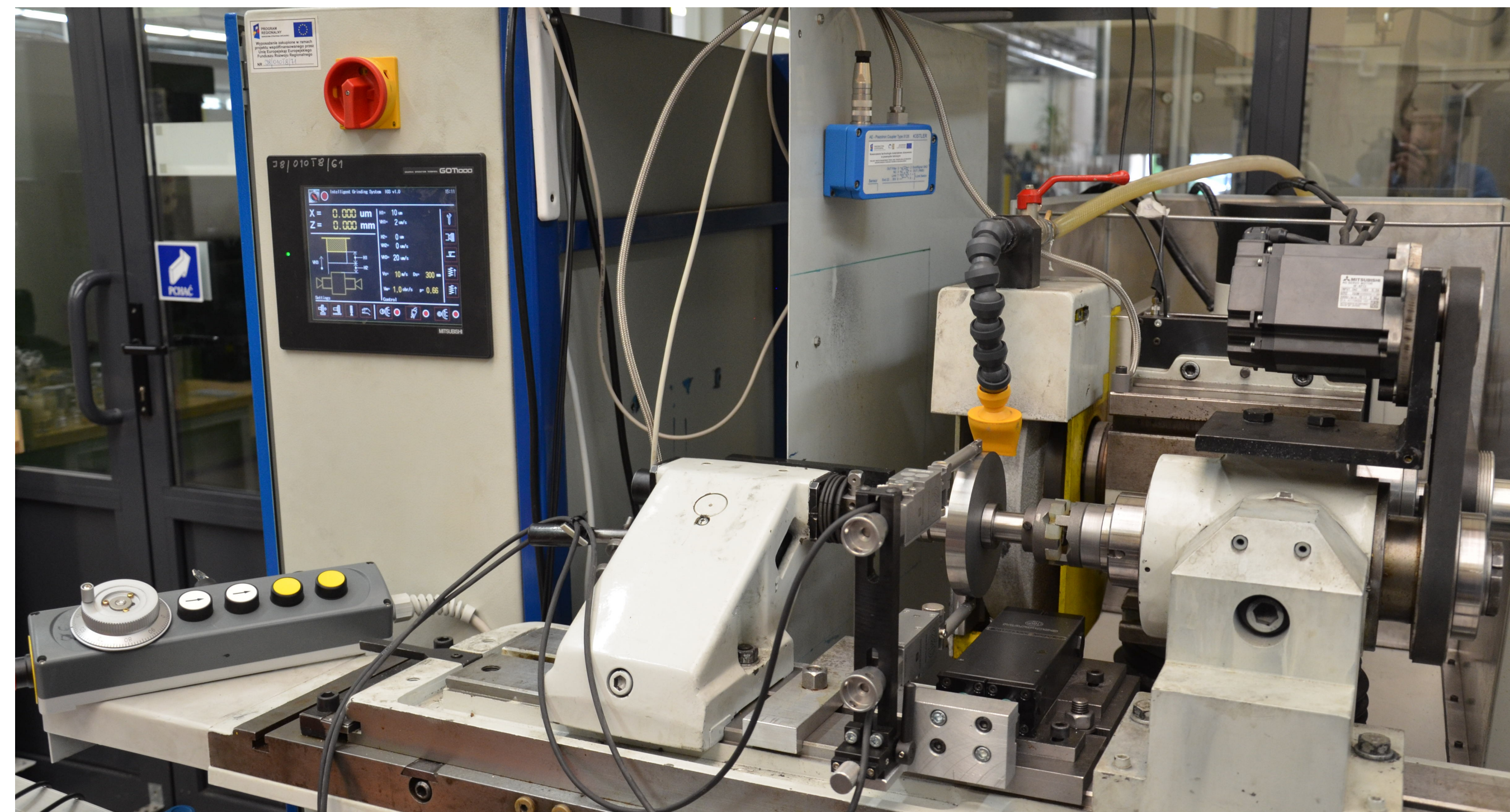
- Automatyczny dobór najodpowiedniejszej ściernicy i chłodziwa dla danego materiału obrabianego z wykorzystaniem systemów baz danych.
Automatic selection of the most suitable grinding wheel and coolant for different materials being ground based on data bases.
- Dobór parametrów technologicznych obróbki 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, przypalenia, itp.
Identification of different states of grinding process, i.e. chatter vibrations, thermal damages, etc.
- Automatyczny wybór strategii algorytmów sterowania i optymalizacji procesu w zależności od konkretnego przypadku technologicznego.
Automatic selection of strategy of control algorithms and optimization of grinding process.
- Automatyczna detekcja i kompensacja zużycia narzędzia ściernego.
Automatic compensation of the wear of grinding tool. Selection of grinding kinematic parameters with the use of data bases and grinding process models.
- Detekcja i kompensacja odkształceń geometrycznych przedmiotów obrabianych.
Compensation of elastic deformations of workpiece being ground.
- Bieżąca modyfikacja trajektorii ruchu ściernicy w funkcji kształtu i wymiaru przedmiotu.
On-line modification of grinding wheel motion trajectory as a function of shape and the size of the workpiece being ground.
- Automatyczna identyfikacja nieprawidłowo wykonanych lub uszkodzonych przedmiotów.
Automatic identification of incorrectly ground parts.
- Automatyczne, minimalne obciążenie ściernicy w celu usuwania powstających falistości na ściernicy.
Automatic conditioning of the grinding wheel so as to eliminate grinding wheel waviness errors.

Demonstrator Inteligentnego Systemu Szlifowania

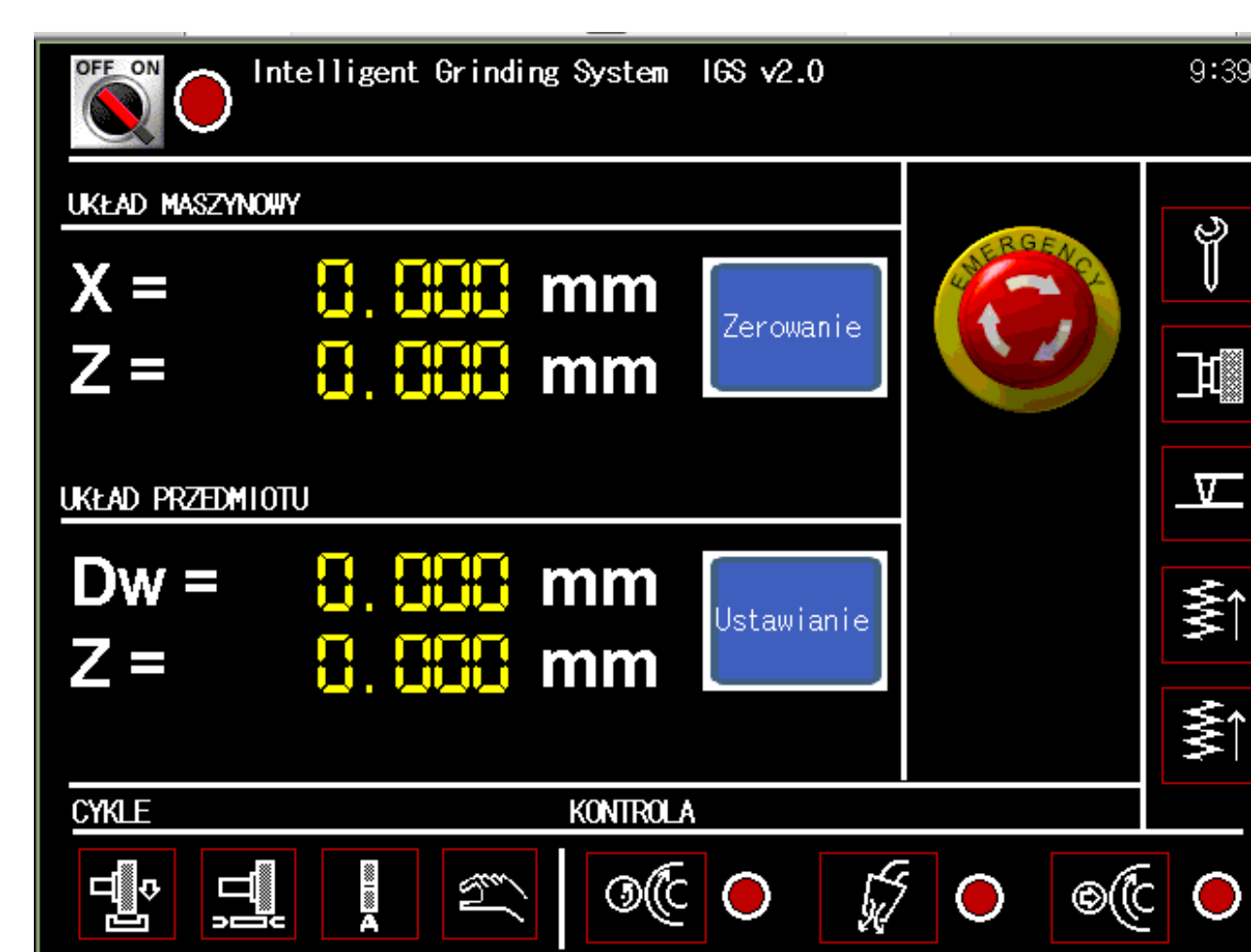
Celem przedstawienia możliwości implementacji Inteligentnego Systemu Szlifowania w warunkach przemysłowych opracowano stanowisko demonstracyjne, które wyposażono w szereg działających w trybie on-line układów sensorycznych i diagnostycznych. Strukturę układów pomiarowych i sterujących zaproponowanego demonstratora przedstawiono na rysunku 1, natomiast widok na rysunku 2.



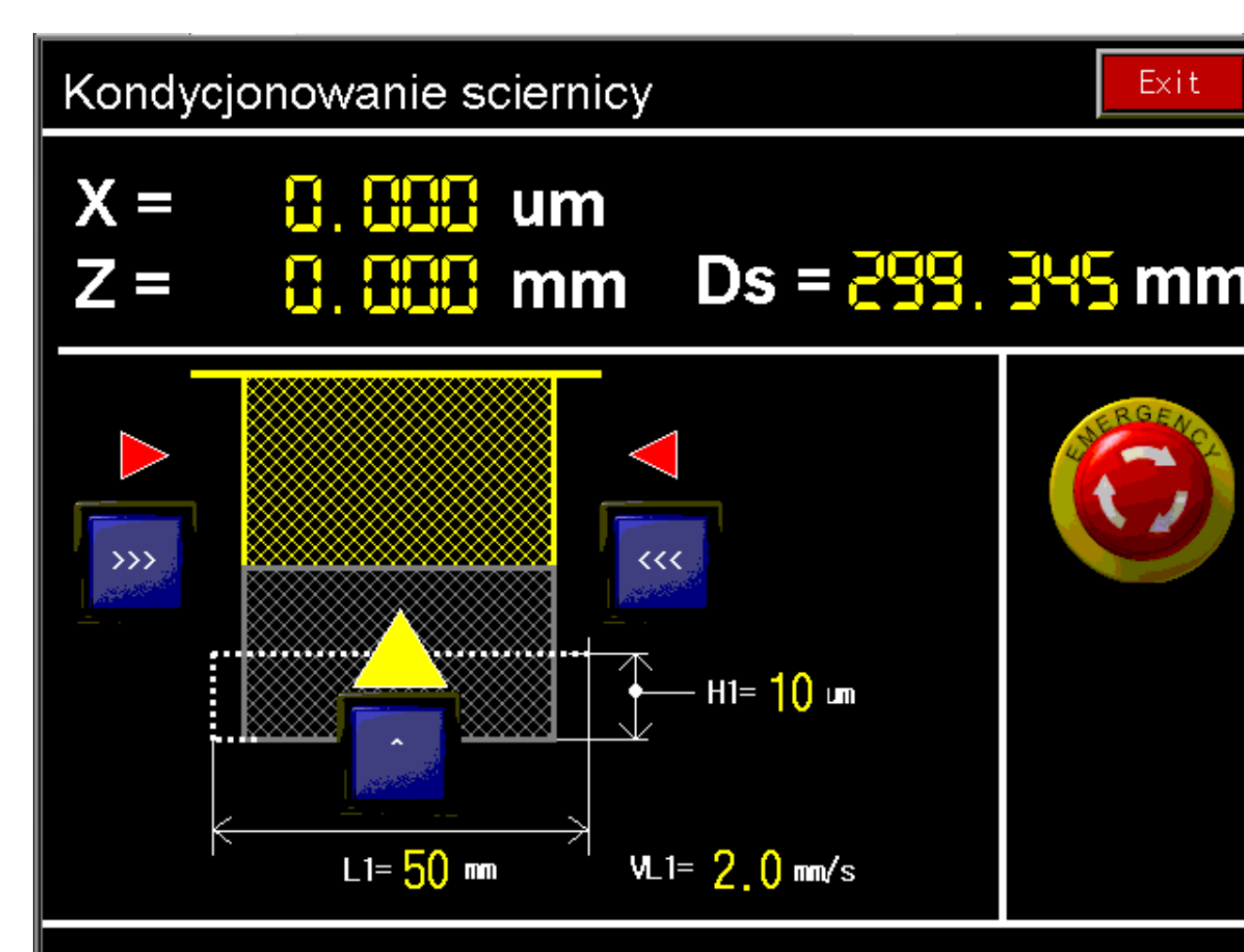
Rys. 1. Struktura układów pomiarowych i sterujących demonstratora.
Fig. 1. Structure of control and measurement devices of the demonstrator.



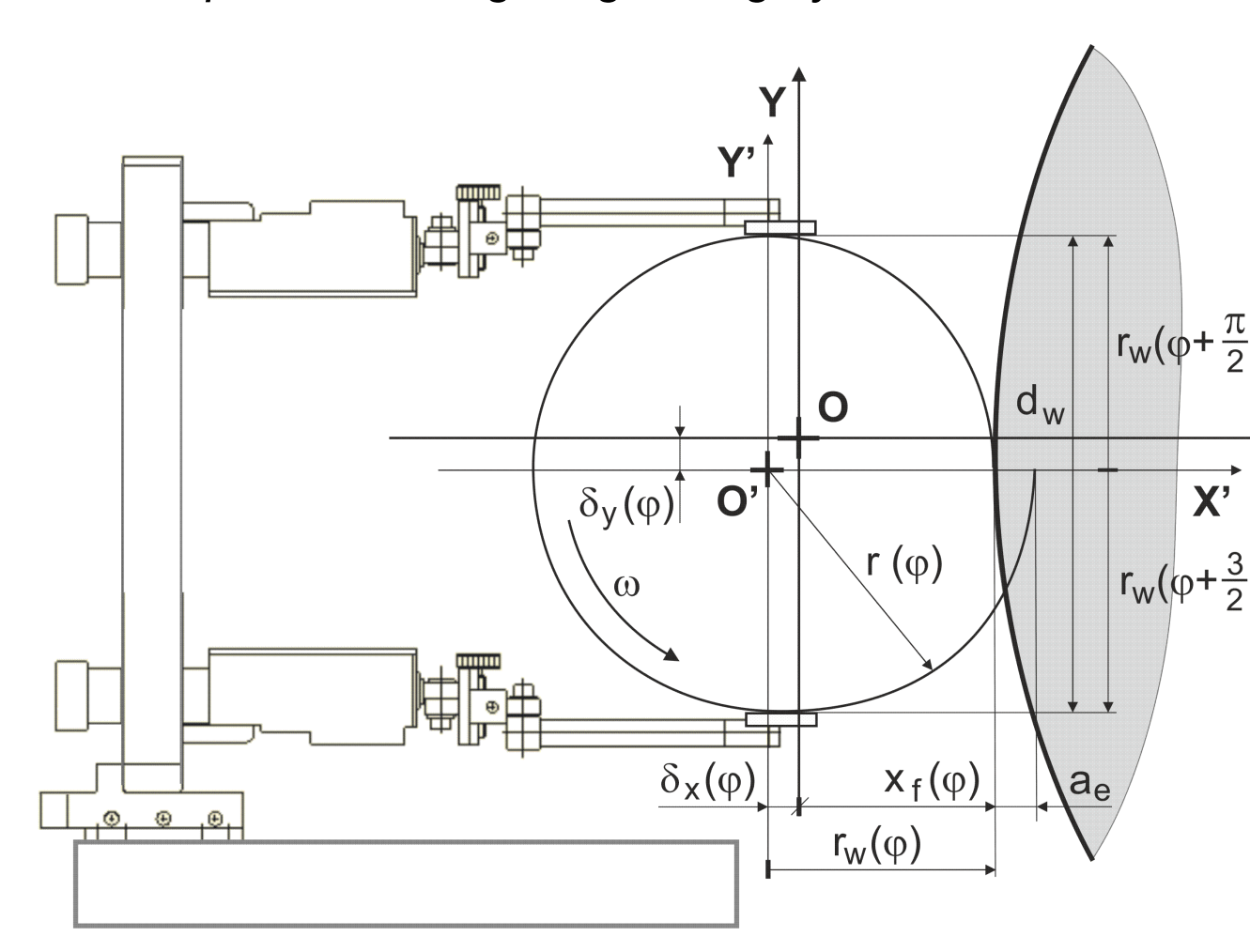
Rys. 2. Widok opracowanego demonstratora Inteligentnego Systemu Szlifowania.
Fig. 2. Structure of control and measurement devices of grinding machine TOS Bua-25.



Rys. 3. Opracowany interfejs użytkownika głównego ekranu sterownika CNC dla demonstratora inteligentnego systemu szlifowania.
Fig. 3. User interface of the CNC controller main screen developed for intelligent grinding system demonstrator.



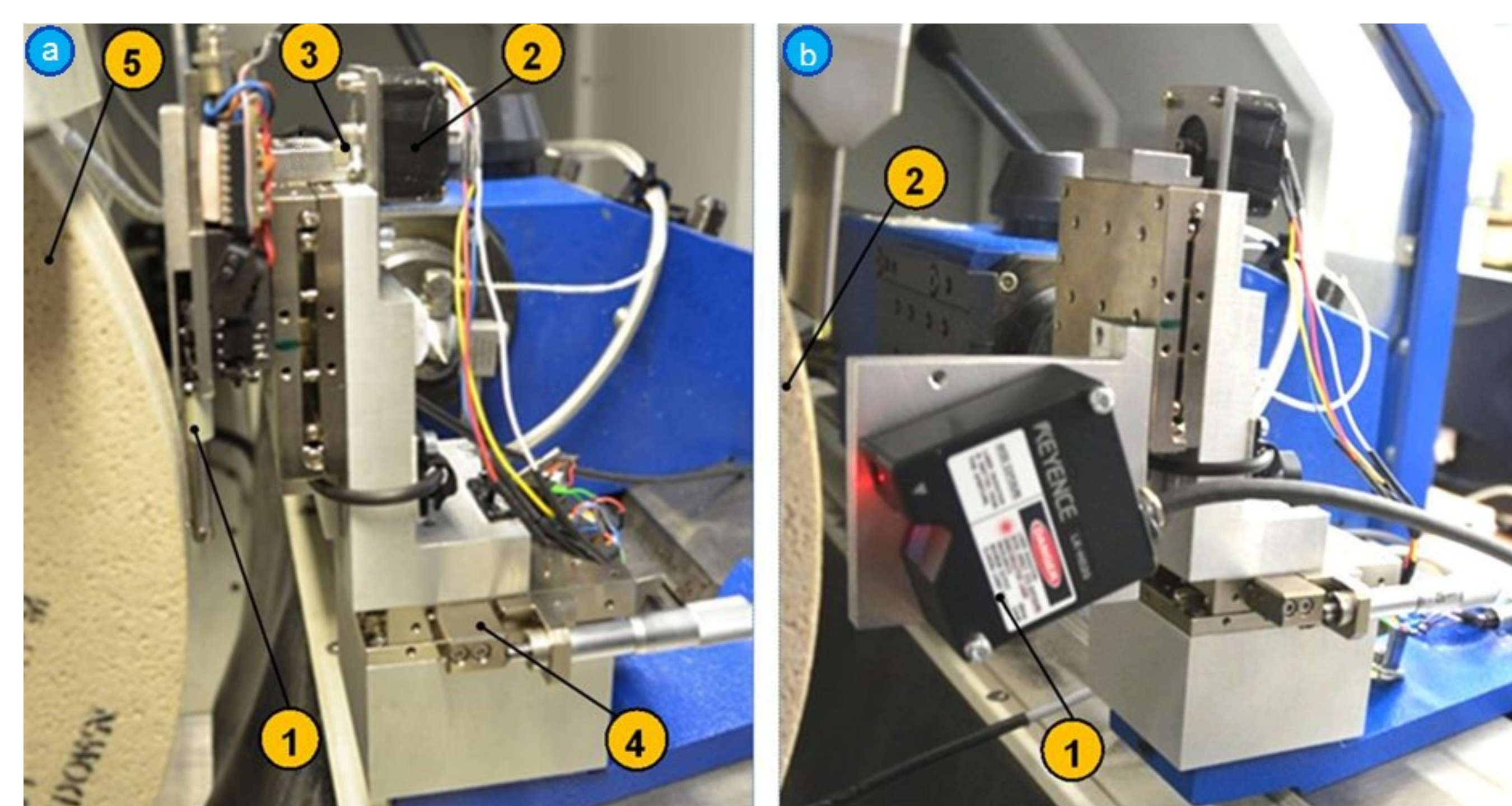
Rys. 4. Uproszczony interfejs użytkownika cyklu kondycjonowania ściernicy opracowany dla demonstratora inteligentnego systemu szlifowania.
Fig. 4. User interface of the simplified dressing cycle for intelligent grinding system demonstrator.



Rys. 5. Zależności geometryczne w strefie szlifowania podczas sterowania adaptacyjnego geometrycznego opracowanego dla demonstratora inteligentnego systemu szlifowania oraz widok zainstalowanego przyrządu do aktywnej kontroli na stanowisku.
Fig. 5. Geometrical relationships at the grinding zone during adaptive geometrical control developed for intelligent grinding system demonstrator and the view of active measurement device installed on the test stand.

Systemy pomiaru mikro- i makrogeometrii ściernicy

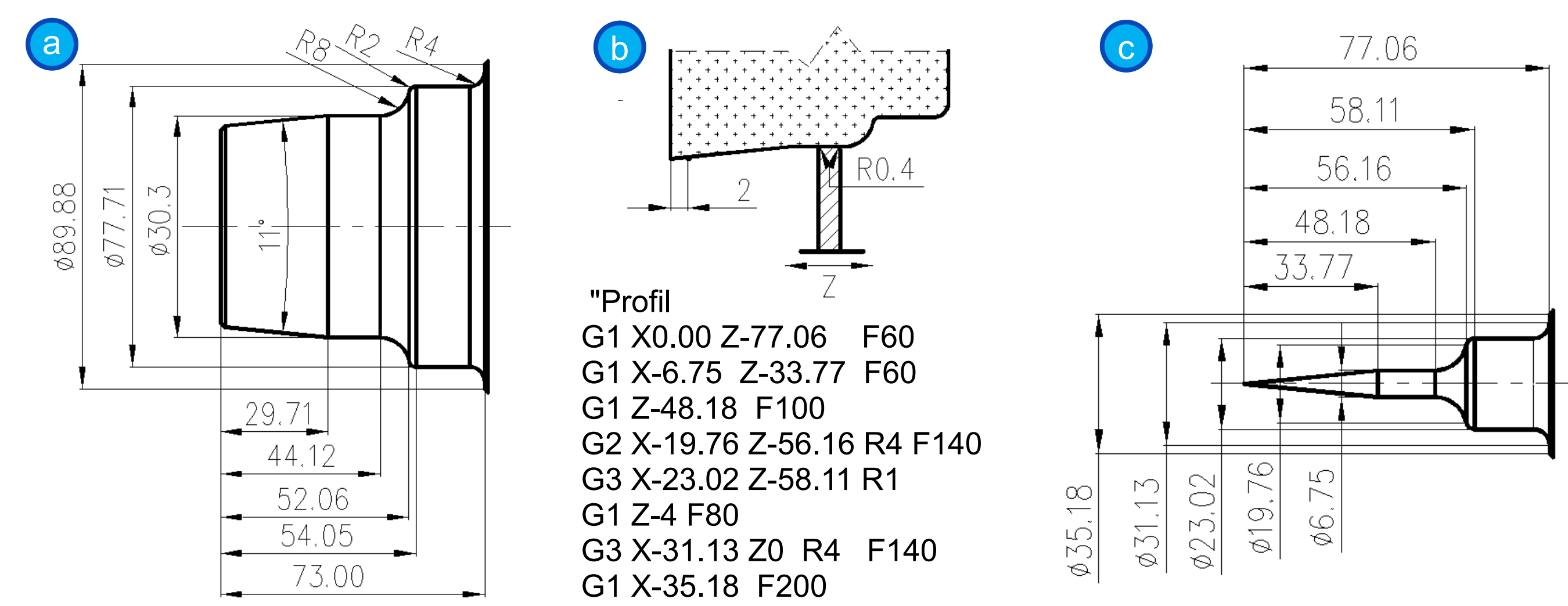
Opracowano układy pomiaru parametrów makro i mikrogeometrii czynnej powierzchni ściernicy (CPS) umożliwiające określenie jej stanu bezpośrednio na szlifierce. Na rysunku 6 przedstawiono widok przyrządu do pomiaru parametrów CPS wykorzystującego głowicę chropowatościomierza oraz triangulacyjny czujnik laserowy.



Rys. 6. Widok przyrządu do pomiaru mikrogeometrii CPS z: a) głowicą chropowatościomierza (1 - głowica chropowatościomierza, 2 - silnik krokowy, 3 - przekładnia koła zębate - zębatka, 4 - stolik do pozycjonowania głowicy chropowatościomierza, 5 - ściernica); b) triangulacyjny czujnik laserowy (1 - czujnik laserowy Keyence LK-H020, 2 - ściernica).
Fig. 6. View of the device for measurement of micro-topography of grinding wheel with: a) roughness measurement head (1 - roughness measurement head, 2 - stepper motor, 3 - transmission unit, 4 - table for measurement tip positioning, 5 - grinding wheel); b) triangulation laser sensor (1 - laser sensor Keyence LK-H020, 2 - grinding wheel).

Profilowe kondycjonowanie ściernicy

Układ profilowego obciążenia ściernicy umożliwia kondycjonowanie ściernicy według zadanego profilu w układzie średnicowym. Na rysunku 7 przedstawiono etapy kształtowego kondycjonowania ściernicy rolką.



Rys. 7. Profilowe kondycjonowanie ściernicy: a) przedmiot; b) zarys ściernicy wraz z programem; c) profil ściernicy.
Fig. 7. Profile conditioning of the grinding wheel: a) the part; b) outline of the grinding wheel with the program; c) profile of the grinding wheel.

System profilowego kondycjonowania ściernicy umożliwia nadanie dowolnego kształtu narzędzia ściernego przy użyciu rolki profilującej lub diamentu płytkowego. Program uwzględnia zadany promień narzędzia profilującego przy czym dla zadanej trajektorii ruchu narzędzia profilującego musi być spełniony warunek:

promień diamentu < od wewnętrznego promienia wykonywanego na ściernicy

Wnioski Conclusions

- Opracowano demonstrator inteligentnego systemu szlifowania, który pozwala na rejestrację i analizę mierzonych sygnałów, ich przetwarzanie w celach diagnostycznych i sterowanie przebiegiem procesu szlifowania.
Development of the intelligent grinding system demonstrator, which allow acquisition and analysis of measured signals and processing for diagnostic purposes as well as for control of the course of the grinding process.
- Opracowano przyrząd do pomiaru czynnej powierzchni ściernicy pozwalający określić jej rzeczywiste właściwości skrawne.
Development of the device for grinding wheel topography measurement which allow to establish its cutting abilities.
- Wstępnie opracowano oprogramowanie do sterowania cyklem profilowego kondycjonowania ściernicy.
Preliminary development of the software for control of profile grinding wheel conditioning process.

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 P., Kruszyński B., Sikora M., Ostrowski D.: *Application of exploratory data analysis methods for supervision of cylindrical plunge grinding process*, XXV Real and Virtual Manufacturing Karpacz 2014.
- Lajmert P., Kruszyński B., Sikora M., Wrąbel D., Ostrowski D.: *Application of experimental and numerical modal analysis to characterize dynamical properties of grinding machine*, XXV Real and Virtual Manufacturing Karpacz 2014.
- Lajmert P., Kruszyński B.: *A comparison of data mining methods for modelling and diagnostics of cylindrical plunge grinding process of hard-to-machine materials*, AIRTEC 2013 International Congress.
- Lajmert P., Kruszyński B.: *Zastosowanie metod eksploracji danych do nadzoru procesu szlifowania kłowego wałków*, XXXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Rzeszów 2013.
- Lajmert P., Kruszyński B., Wrąbel D., Sikora M.: *Stanowisko do wieloaspektowego badania procesu szlifowania kłowego wałków*, XXXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Rzeszów 2013.
- Lajmert P., Sikora M., Kruszyński B., Wrąbel D.: *Zastosowanie eksperymentalnej i numerycznej analizy modalnej do określenia właściwości dynamicznych szlifierki kłowej do wałków*, XXXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Rzeszów 2013.
- Grduńska A., Rosik R.: *Wpływ materiału ściernego na stan warstwy wierzchniej podczas szlifowania stopów tytanu*, XXXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Rzeszów 2013.
- Rosik R., Grduńska A.: *Określenie granicy stężenia glikolu propylenowego na stereometrię warstwy wierzchniej w procesie szlifowania*, XXXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Rzeszów 2013.

Publikacje

- Lajmert P., Kruszyński B.: *Zastosowanie metod eksploracji danych do nadzoru procesu szlifowania kłowego wałków*, Mechanik, nr 8/9 2013, ISSN: 0025-6552, str. 291-298
- Lajmert P., Kruszyński B., Wrąbel D., Sikora M.: *Stanowisko do wieloaspektowego badania procesu szlifowania kłowego wałków*, Mechanik, nr 8/9 2013, ISSN: 0025-6552, str. 273-282
- Lajmert P., Sikora M., Kruszyński B., Wrąbel D.: *Zastosowanie eksperymentalnej i numerycznej analizy modalnej do określenia właściwości dynamicznych szlifierki kłowej do wałków*, Mechanik, nr 8/9 2013, ISSN: 0025-6552 str. 283-293
- Grduńska A., Rosik R.: *Wpływ materiału ściernego na stan warstwy wierzchniej podczas szlifowania stopów tytanu*, Mechanik, nr 8/9 2013, ISSN: 0025-6552, str. 152-159
- Rosik R., Grduńska A.: *Określenie granicy stężenia glikolu propylenowego na stereometrię warstwy wierzchniej w procesie szlifowania*, Mechanik, nr 8/9 2013, ISSN: 0025-6552, str. 341-348

Prace hab., Dr, mgr

Prace magisterskie

- Sosnowski Daniel: *Badanie sił skrawania i chropowatości powierzchni podczas szlifowania wgłębnego stopu niklu*. Promotor: Prof. dr hab. inż. Bogdan Kruszyński.
- Więtska Krzysztof: *Badanie sił skrawania i chropowatości powierzchni podczas szlifowania wgłębnego 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
- Goło Zamora: *Machinability of Superalloys*. Praca zrealizowana w International Faculty of Engineering, 2010 rok, Promotor: Prof. Bogdan Kruszyński
- Tomasz Niedźwiecki: *Automatyzacja procesu obciążenia ściernicy na szlifierce kłowej do wałków ze sterowaniem wykorzystującym sterownik PLC*. Promotor: dr inż. Paweł Lajmert

Prace habilitacyjne

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

Zgłoszenia patentowe (przekazane do Rzecznika Patentowego)

- System nadzoru procesu szlifowania na szlifierce kłowej do wałków, zwłaszcza przedmiotów wykonanych z materiałów trudnoobrabialnych.
- Urządzenie do pomiaru topografii czynnej powierzchni ściernicy bezpośrednio na szlifierce.