

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych

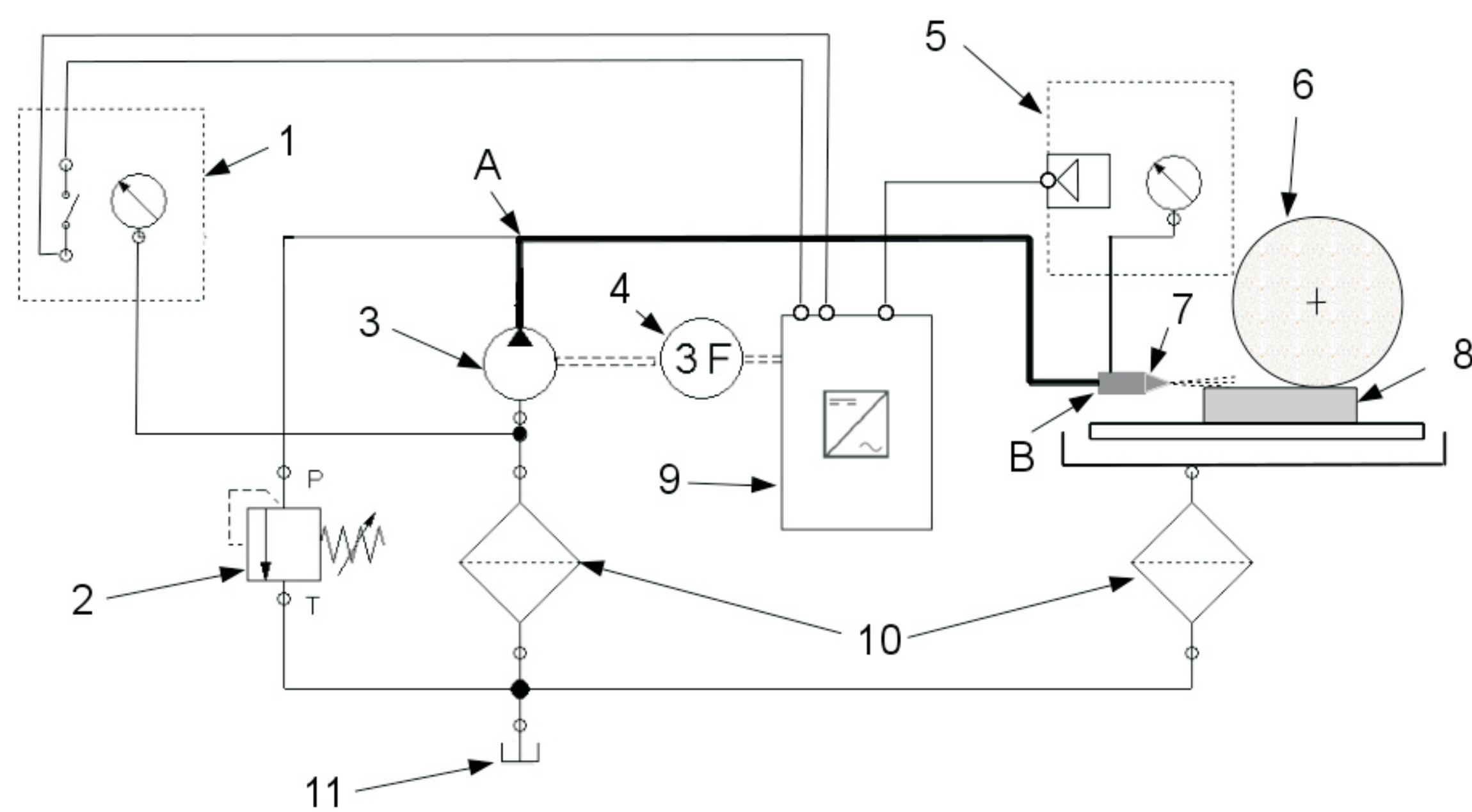
Development of advanced processes of HSM of almost unworkable aeronautical alloys

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Łódzka, Politechnika Warszawska

Wyniki badań Results

Układ stabilizacji ciśnienia w układzie chłodzenia Cooling pressure stabilization system

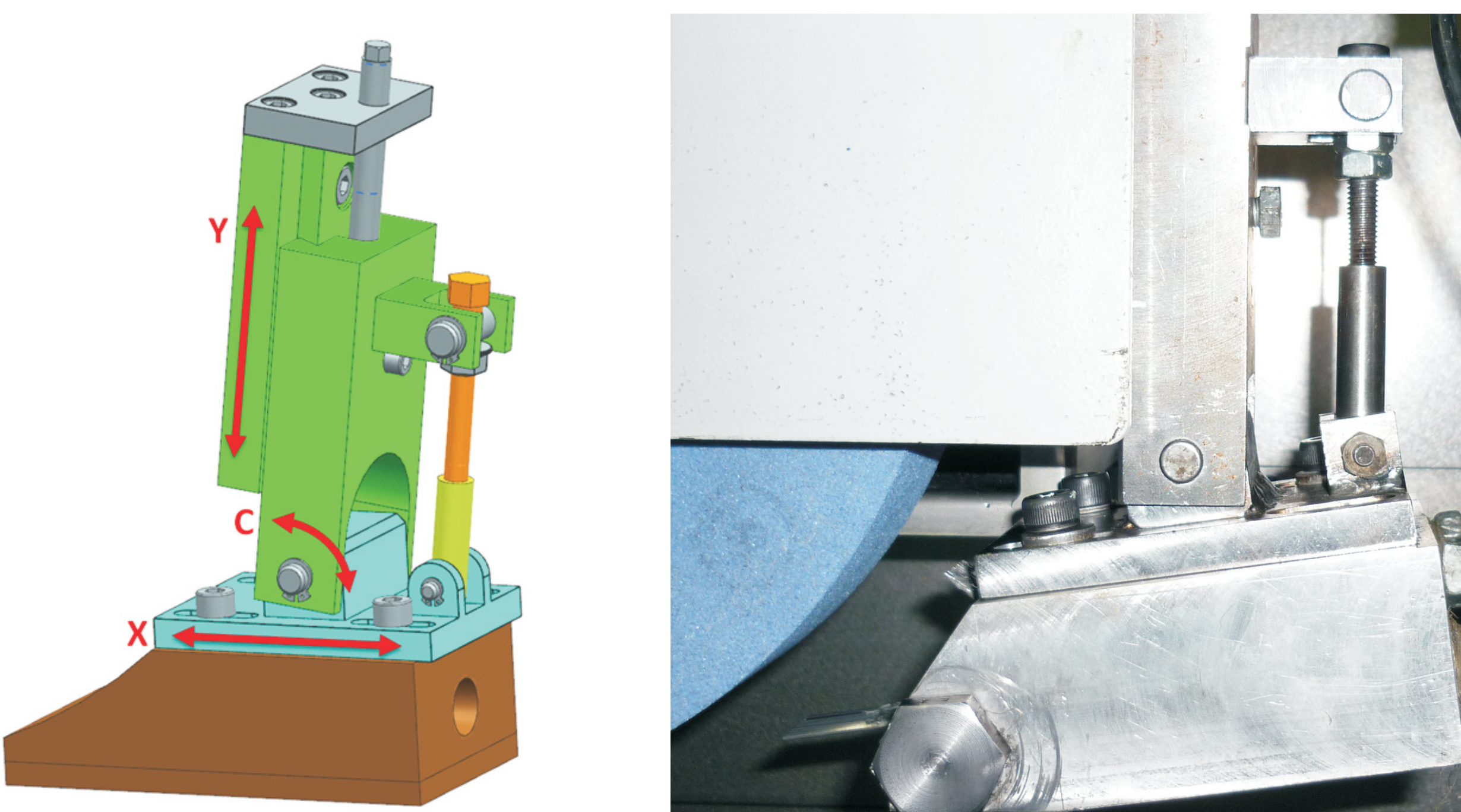
Doposażono układ wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania CFG stopów lotniczych w system stabilizacji ciśnienia. Schemat blokowy układu przedstawiono na rys. 1. Zaprojektowany układ jest chroniony zgłoszeniem patentowym nr P.408878. Zastosowanie układu stabilizacji ciśnienia gwarantuje stabilne warunki chłodzenia i obróbki niezależnie od zmian lepkości chłodziwa wywołanych zmianami temperatury oraz zawartością zanieczyszczeń, zmian oporu hydraulicznego wywołanych zmianami przekroju przewodów doprowadzających chłodziwo lub wysokością zmian słupa cieczy w zbiorniku.



Rys.1. Układ stabilizacji ciśnienia przepływu cieczy: 1- manometr, 2- zawór odcinający, 3- pompa, 4- silnik indukcyjny, 5- manometr pomiarowy, 6- ściernica, 7- dysza doprowadzająca chłodziwo, 8- przedmiot obrabiany, 9- falownik, 10- filtry chłodziwa, 11- zbiornik chłodziwa
Fig.1. System of stabilization of liquid flow rate: 1- pressure gauge, 2- shut-off valve, 3- pump, 4- induction motor, 5- manometer, 6- grinding wheel, 7- coolant nozzle, 8- workpiece, 9- an inverter, 10- coolant filters, 11- coolant tank

Modernizacja układu chłodzenia szlifierki Modernization of the cooling system

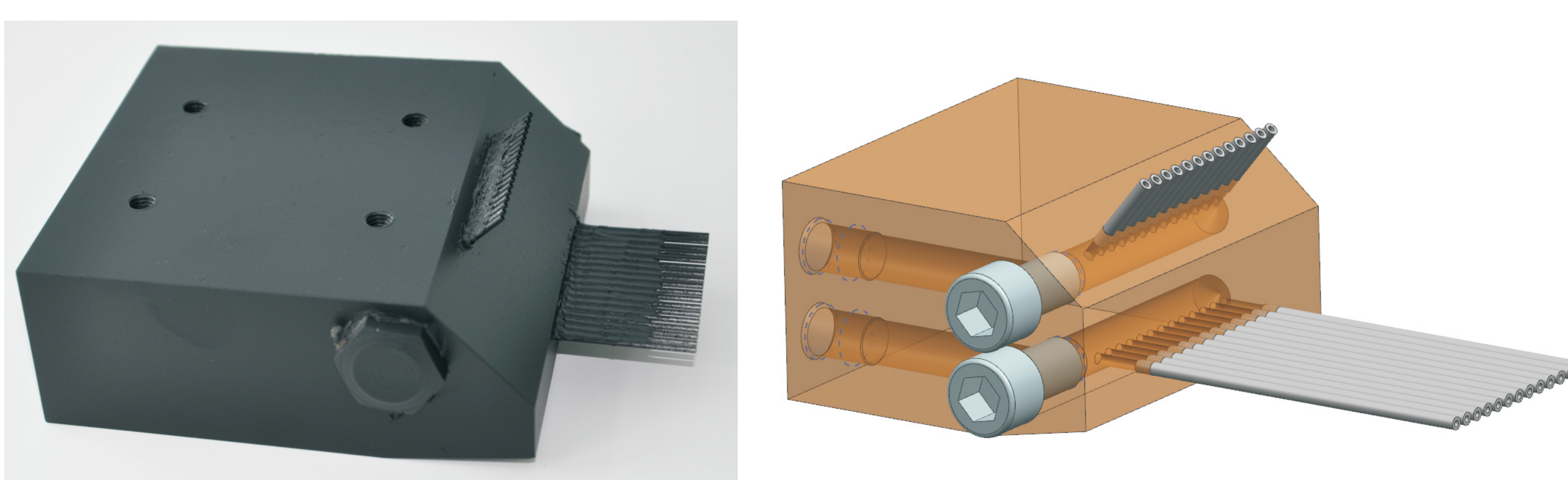
Zmodernizowano układ wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania CFG stopów lotniczych. Układ wyposażono m.in. w uchwyty mocowania i precyzyjnego pozycjonowania dyszy chłodziwa. Skonstruowano i wykonano uchwyty będący przedmiotem zgłoszenia patentowego nr P.409846. Umożliwiła on pozycjonowanie dyszy chłodziwa względem ściernicy i przedmiotu obrabianego w trzech osiach. Na rys. 2 przedstawiono konstrukcję uchwytu i widok uchwytu zamontowanego w przestrzeni roboczej szlifierki.



Rys.2. Uchwyt do mocowania i pozycjonowania dyszy chłodziwa
Fig.2. Handle for mounting and positioning of the coolant nozzle

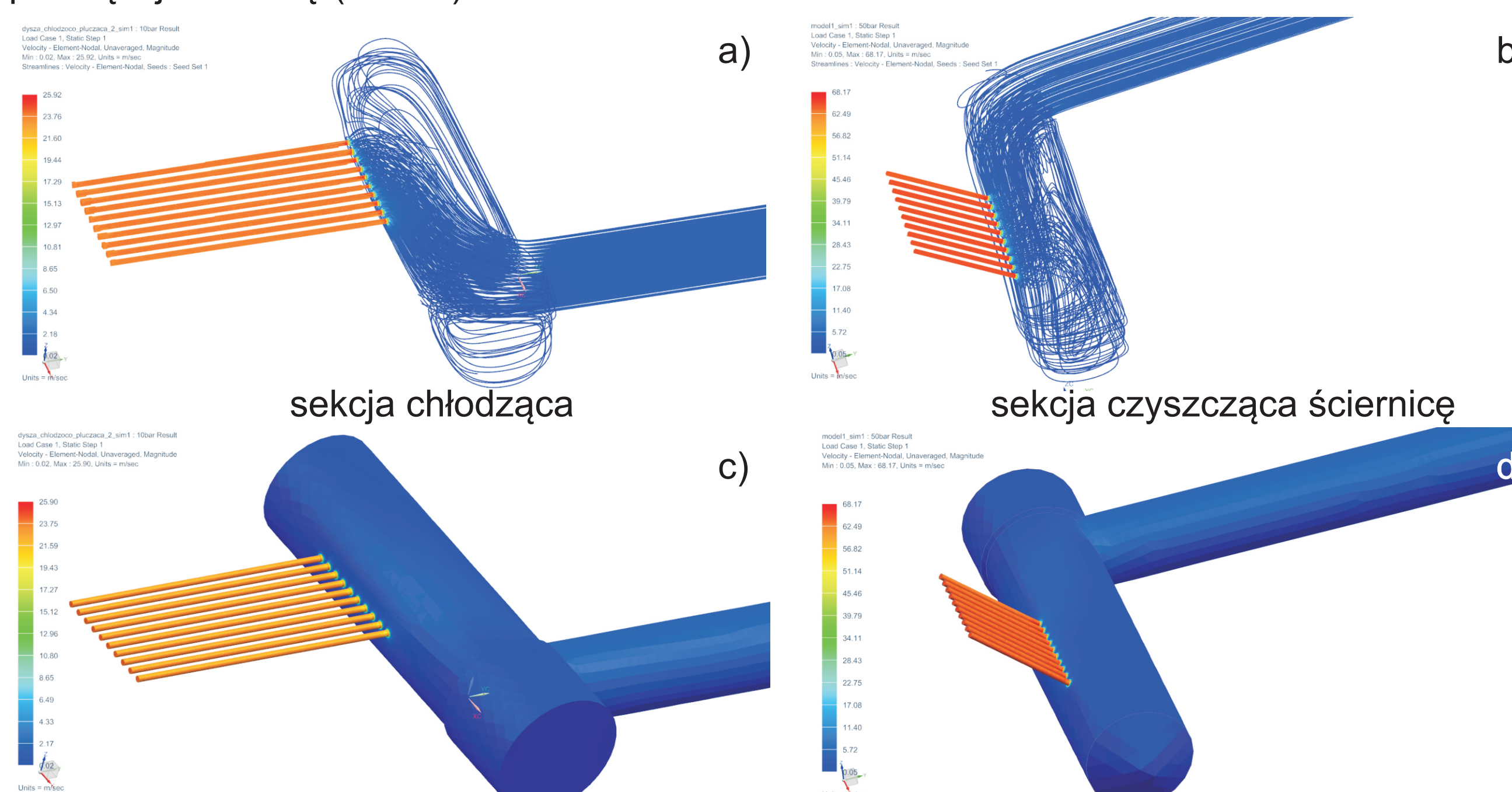
Dwurzędowa dwufunkcyjna dysza chłodziwa Dual function and double row coolant nozzle

Skonstruowano i przebadano dwurzędową dwufunkcyjną dyszę chłodziwa dedykowaną do wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania CFG stopów lotniczych. Konstrukcja dyszy jest przedmiotem zgłoszenia patentowego nr P.408877. Dysza łączy w sobie dwie funkcje: chłodzenia procesu szlifowania oraz czyszczenia ściernicy podczas obróbki. Na rys. 3 przedstawiono widok dyszy oraz koncepcję budowy kanałów wewnętrznych.



Rys.3. Dwurzędowa dysza chłodziwa
Fig.3. Dual function coolant nozzle

Przeprowadzono badania symulacyjne MES skonstruowanej dyszy. Przebadano warunki przepływu cieczy wewnątrz dyszy określając rozkład linii prądu. Wyznaczono również rozkład prędkości przepływu chłodziwa z dyszy. Badania przeprowadzono dla sekcji chłodzącej (10 bar) i płuczącej ściernicę (50 bar).

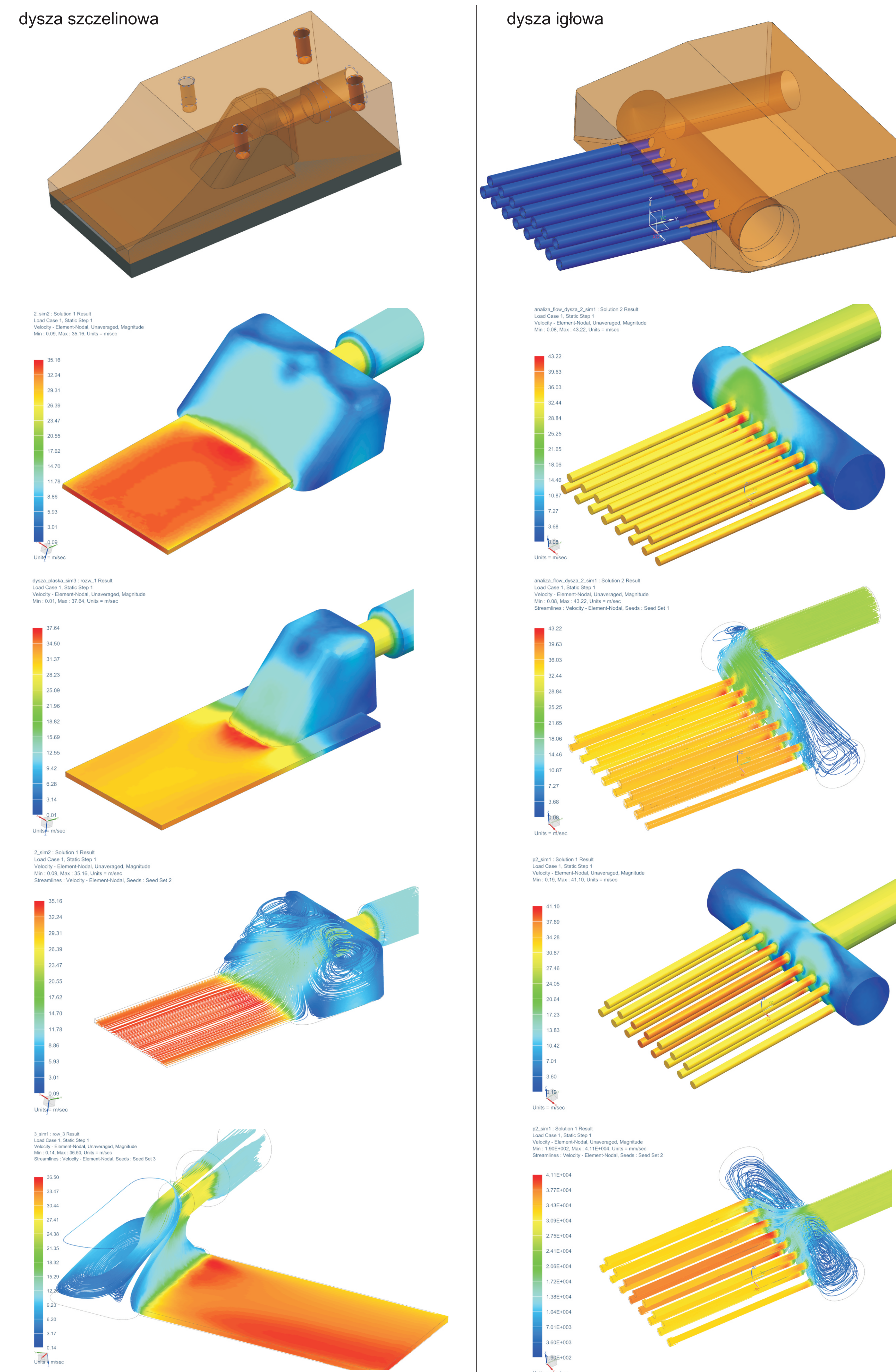


Rys.4. Wyniki badań symulacyjnych MES: a, b) linie prądu, c, d) rozkład prędkości przepływu
Fig.4. FEM simulation tests: a, b) stream lines, c, d) flow velocity distribution

Wyniki badań Results

Badania symulacyjne dysz wysokociśnieniowych Simulation studies of high-pressure nozzles

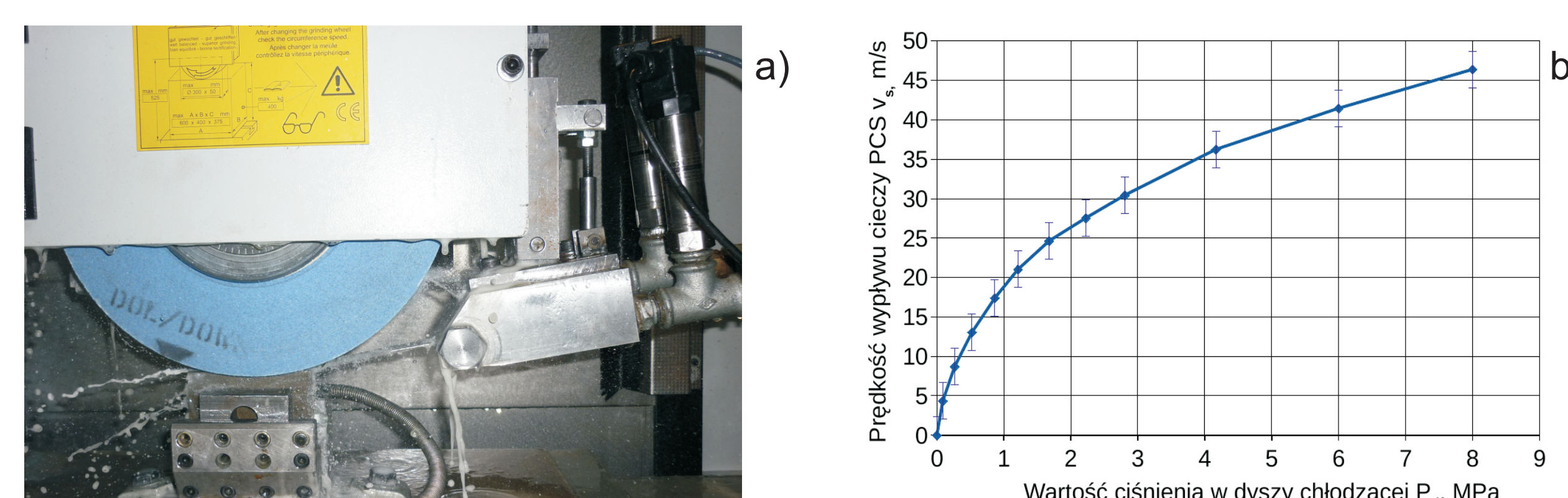
W celu zapewnienia prawidłowego przebiegu szlifowania na całej szerokości ściernicy konieczne jest uzyskanie stałych parametrów wypływu cieczy z dyszy w każdym jej punkcie na wylocie. Skonstruowano dwa typy dysz wysokociśnieniowych: dyszę szczelinową oraz dyszę igłową. Za pomocą techniki MES przeprowadzono badania symulacyjne przepływu chłodziwa w dyszy. Badania przeprowadzono dla różnych wielkości i kształtów kanałów wewnętrznych w dyszy (rys. 5).



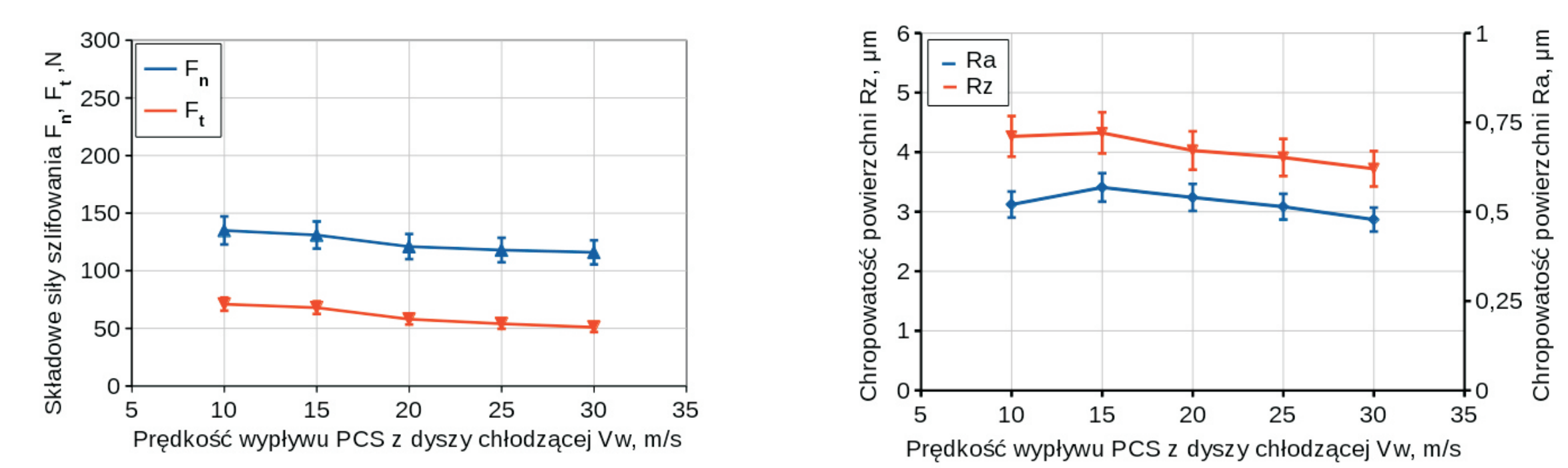
Rys.5. Obliczenia MES dysz wysokociśnieniowych
Fig.5. FEM calculations of high pressure coolant nozzles

Badania doświadczalne chłodzenia procesu szlifowania CFG Experimental researches of cooling of CFG grinding process

Dla zoptymalizowanej konstrukcji dyszy chłodziwa przeprowadzono badania doświadczalne wpływu warunków chłodzenia na proces szlifowania CFG stopu Inconel. Na rys. 6 przedstawiono widok dyszy dwufunkcyjnej zamontowanej w przestrzeni roboczej szlifierki.

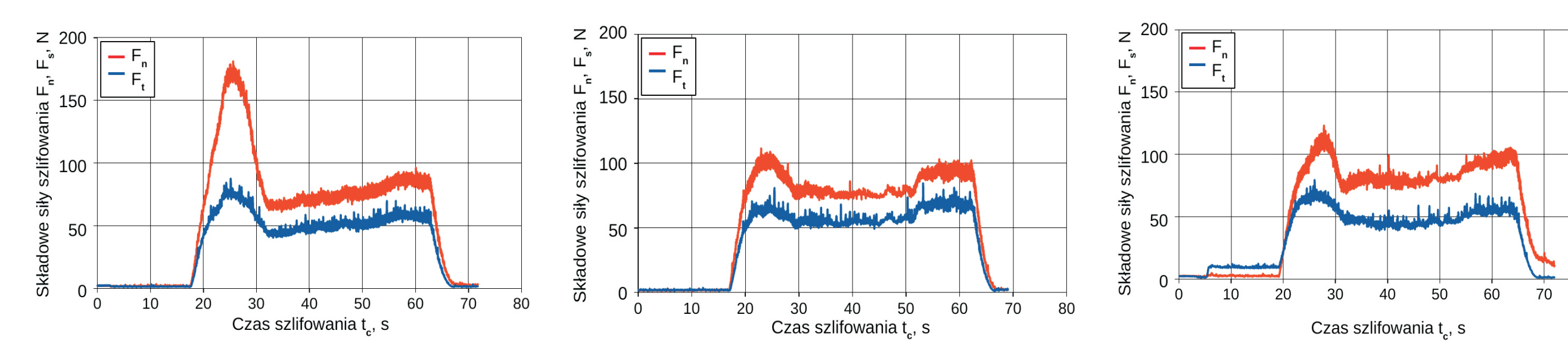


Rys.6. a) przestrzeń robocza szlifierki, b) charakterystyka dyszy
Fig.6. a) view of the grinder workspace, b) characteristic of the nozzle



Rys.7. Wpływ ciśnienia chłodziwa na siły szlifowania i chropowatość powierzchni
Fig.7. The influence of coolant pressure on grinding forces and surface roughness

Wzrost prędkości przepływu chłodziwa powoduje zmniejszenie wartości składowych sił szlifowania. Zmniejsza również znacząco rozrzut składowych sił. Dalsze zwiększanie prędkości chłodziwa, ponad prędkość szlifowania nie powoduje już dalszego zmniejszenia wartości sił.



Rys.8. Obliczenia MES dysz wysokociśnieniowych
Fig.8. FEM calculations of high pressure coolant nozzles

Wnioski Conclusions

W projektowaniu dysz chłodziwa istotnym elementem konstrukcyjnym jest ukształtowanie i wielkość zbiornika wyrównawczego oraz umiejscowienie układu wlotowego cieczy do dyszy.
In designing the coolant nozzles the important structural components are shape and size of the expansion tank and the location of coolant inflow into the nozzle.

Dla dyszy punktowej najlepszym rozwiązaniem jest boczne doprowadzenie cieczy, natomiast dla dyszy szczelinowej centralne ustawienie kanału dołotowego oraz mniejsza szerokość zbiornika wyrównawczego w stosunku do szerokości dyszy. Takie rozwiązania konstrukcyjne zapewniają powstawanie mniejszych zaburzeń przepływu cieczy oraz równomierny rozkład prędkości przepływu cieczy z dyszy.
In the multipoint nozzle the best liquid supply is side location of coolant inflow, and for flat nozzle central location of coolant inflow is the best and also lower width of the surge tank in relation to the width of the nozzle. These constructional solutions ensure formation of smaller flow disturbances and uniform distribution of the coolant flow rate from the nozzle.

Wzrost prędkości przepływu chłodziwa powoduje zmniejszenie wartości składowych sił szlifowania. Zmniejsza również znacząco rozrzut składowych sił. Dalsze zwiększanie prędkości chłodziwa, ponad prędkość szlifowania nie powoduje już dalszego zmniejszenia wartości sił.
The increase of the flow rate of the coolant reduces the grinding force components. It also significantly reduces the dispersion of force components. Further increasing of the coolant speed over the grinding speed does not cause a further reduction of the forces.

Zwiększanie szybkości przepływu chłodziwa z dyszy powoduje poprawę warunków chłodzenia oraz poprawę chropowatości obrabianej powierzchni oraz zmniejszenie wartości składowych sił szlifowania. Wynika to z faktu, że płyn chłodzący musi mieć pewną minimalną prędkość przepływu w celu właściwego wypełnienia porów ściernicy a tym samym chłodzenia strefy szlifowania.
Increasing the flow rate of the coolant causes improvement of cooling conditions and improvement of the roughness of the machined surface and decreases the value of grinding force components. This stems from the fact that the coolant must have a certain minimum velocity in order to properly fill the pores of grinding wheel and cooling the grinding zone.

Zwiększanie szybkości przepływu chłodziwa z dyszy powoduje poprawę warunków chłodzenia oraz poprawę chropowatości obrabianej powierzchni oraz zmniejszenie wartości składowych sił szlifowania. Wynika to z faktu, że płyn chłodzący musi mieć pewną minimalną prędkość przepływu w celu właściwego wypełnienia porów ściernicy a tym samym chłodzenia strefy szlifowania.
Increasing the flow rate of the coolant causes improvement of cooling conditions and improvement of the roughness of the machined surface and decreases the value of grinding force components. This stems from the fact that the coolant must have a certain minimum velocity in order to properly fill the pores of grinding wheel and cooling the grinding zone.

Zwiększanie szybkości przepływu chłodziwa z dyszy powoduje poprawę warunków chłodzenia oraz poprawę chropowatości obrabianej powierzchni oraz zmniejszenie wartości składowych sił szlifowania. Wynika to z faktu, że płyn chłodzący musi mieć pewną minimalną prędkość przepływu w celu właściwego wypełnienia porów ściernicy a tym samym chłodzenia strefy szlifowania.
Increasing the flow rate of the coolant causes improvement of cooling conditions and improvement of the roughness of the machined surface and decreases the value of grinding force components. This stems from the fact that the coolant must have a certain minimum velocity in order to properly fill the pores of grinding wheel and cooling the grinding zone.

Zwiększanie szybkości przepływu chłodziwa z dyszy powoduje poprawę warunków chłodzenia oraz poprawę chropowatości obrabianej powierzchni oraz zmniejszenie wartości składowych sił szlifowania. Wynika to z faktu, że płyn chłodzący musi mieć pewną minimalną prędkość przepływu w celu właściwego wypełnienia porów ściernicy a tym samym chłodzenia strefy szlifowania.
Increasing the flow rate of the coolant causes improvement of cooling conditions and improvement of the roughness of the machined surface and decreases the value of grinding force components. This stems from the fact that the coolant must have a certain minimum velocity in order to properly fill the pores of grinding wheel and cooling the grinding zone.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- Przygotowanie do wdrożenia wysokociśnieniowego układu chłodzenia procesu szlifowania CFG w firmie ULTRATECH Sp. z o.o.
- Przygotowanie do optymalizacji konstrukcji dysz wysokociśnieniowych chłodziwa w firmie MTU Aero Engines Polska Sp. z o.o.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. Żyłka Ł., Babiarz R., Płodzień M.: **Porównanie przeciwbieżnego i współbieżnego szlifowania CFG (Creep-Feed Grinding) stopu Inconel.** XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Kolobrzeg, 23-25.09.2014.
2. Żyłka Ł., Babiarz R., Płodzień M.: **Wpływ procentowej zawartości ziaren Cubitron w ściernicach z ziarnami z elektrokorundu na przebieg i wynik procesu szlifowania CFG (Creep-Feed Grinding) stopu Inconel.** XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Kolobrzeg, 23-25.09.2014.
3. Babiarz R., Żyłka Ł., Płodzień M.: **Koncepcja budowy układu wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania stopów lotniczych.** XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Kolobrzeg, 23-25.09.2014.
4. Babiarz R., Żyłka Ł., Płodzień M.: **Badania wpływu parametrów doprowadzenia chłodziwa na proces szlifowania CFG stopu Inconel.** XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Kolobrzeg, 23-25.09.2014.
5. Płodzień M., Żyłka Ł., Babiarz R.: **Konstrukcja i obliczenia dysz wysokociśnieniowych stosowanych w procesie szlifowania CFG (Creep-Feed Grinding) stopów lotniczych.** XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej, Kolobrzeg, 23-25.09.2014.
6. Babiarz R., Żyłka Ł., Płodzień M.: **Wysokociśnieniowe chłodzenie procesu szlifowania CFG stopów lotniczych.** VII Seminarium zadań badawczych ZB1, ZB2, ZB5, Uniejów 19-21.10.2014.
7. Płodzień M., Babiarz R., Żyłka Ł.: **Badania dysz wysokociśnieniowych w szlifowaniu CFG stopów lotniczych.** VII Seminarium zadań badawczych ZB1, ZB2, ZB5, Uniejów 19-21.10.2014.
8. Płodzień M., Żyłka Ł., Babiarz R.: **High Pressure cooling of CFG grinding of Inconel 718 alloy.** 9th AIRTEC 2014 International Congress, Frankfurt, 28-30.10.2014.
9. Babiarz R., Żyłka Ł., Płodzień M.: **Diagnosis system for the process of creep-feed grinding of Inconel 718 alloy based on multiple signals.** 9th AIRTEC 2014 International Congress, Frankfurt, 28-30.10.2014.

Publikacje

1. Żyłka Ł., Babiarz R., Płodzień M.: **Porównanie przeciwbieżnego i współbieżnego szlifowania CFG (Creep-Feed Grinding) stopu Inconel.** Mechanik nr 8-9/2014, s. 719.
2. Żyłka Ł., Babiarz R., Płodzień M.: **Wpływ procentowej zawartości ziaren Cubitron w ściernicach z ziarnami z elektrokorundu na przebieg i wynik procesu szlifowania CFG (Creep-Feed Grinding) stopu Inconel.** Mechanik nr 8-9/2014, s. 719.
3. Babiarz R., Żyłka Ł., Płodzień M.: **Koncepcja budowy układu wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania stopów lotniczych.** Mechanik nr 8-9/2014, s. 719.
4. Babiarz R., Żyłka Ł., Płodzień M.: **Badania wpływu parametrów doprowadzenia chłodziwa na proces szlifowania CFG stopu Inconel.** Mechanik nr 8-9/2014, s. 719.
5. Płodzień M., Żyłka Ł., Babiarz R.: **Konstrukcja i obliczenia dysz wysokociśnieniowych stosowanych w procesie szlifowania CFG (Creep-Feed Grinding) stopów lotniczych.** Mechanik nr 8-9/2014, s. 719.
6. Babiarz R., Żyłka Ł.: **Diagnostyka procesu szlifowania zamka łopatk silnika lotniczego.** Zarządzanie technologią pod red. T. Zaborowskiego, IBEN, Gorzów Wlkp. 2014, s. 63-74.
7. Żyłka Ł., Babiarz R., Płodzień M., Krok M.: **Wysokociśnieniowe chłodzenie procesu szlifowania stopu Inconel 718.** Zarządzanie technologią pod red. T. Zaborowskiego, IBEN, Gorzów Wlkp. 2014, s. 75-89.

Prace mgr, dr, hab.

- Prace magisterskie planowane**
- Baran Bartosz: **Projekt i analiza MES dyszy kształtowej czyszczącej ściernicę w szlifowaniu zamka łopatk silnika lotniczego.** Promotor: dr inż. Łukasz Żyłka, planowany termin obrony VI 2015 r.
 - Zymróż Tomasz: **Projekt i analiza MES dyszy wysokociśnieniowej chłodziwa do szlifowania CFG.** Promotor: dr inż. Łukasz Żyłka, planowany termin obrony VI 2015 r.
 - Stasio Rafał: **Badania wpływu ciśnienia chłodziwa na proces szlifowania stopu Inconel 718.** Promotor: dr inż. Łukasz Żyłka, planowany termin obrony VI 2015 r.
 - Grendysa Kamil: **Projekt i analiza MES dyszy kształtowej chłodziwa do szlifowania zamka łopatk silnika lotniczego.** Promotor: dr inż. Łukasz Żyłka, planowany termin obrony VI 2015 r.
 - Gmyrek Adrian: **Projekt i analiza MES dyszy czyszczącej ściernicę w procesie szlifowania CFG.** Promotor: dr inż. Łukasz Żyłka, planowany termin obrony VI 2015 r.
 - Gawel Mateusz: **Badania procesu czyszczenia ściernicy w szlifowaniu CFG stopu Inconel 718.** Promotor: dr inż. Łukasz Żyłka, planowany termin obrony VI 2015 r.
 - Górecki Łukasz: **Badania wpływu kąta podawania strugi chłodziwa na proces szlifowania stopu Inconel 718.** Promotor: dr inż. Łukasz Żyłka, planowany termin obrony VI 2015 r.

Zgłoszenia patentowe

- Dysza cieczy chłodziwo-smarującej do szlifowania, zgłoszenie patentowe nr P.408877
- Sposób i układ chłodzenia procesu szlifowania, zgłoszenie patentowe nr P.408878
- Uchwyt do mocowania i pozycjonowania dyszy chłodziwa w procesie szlifowania, zgłoszenie patentowe nr P.409846