

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Opracowanie zaawansowanych procesów obróbki HSM trudnoobrabialnych stopów lotniczych

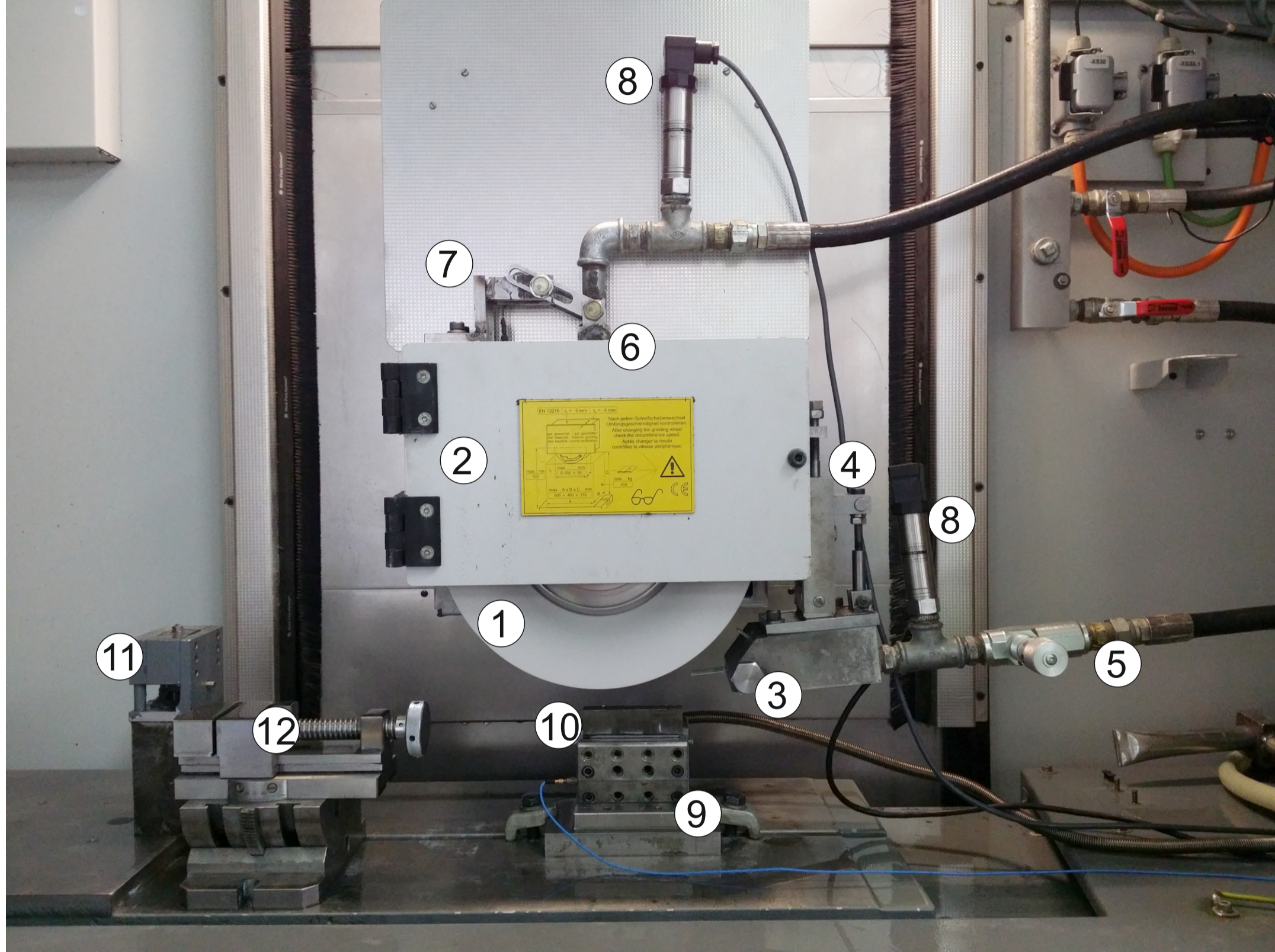
Development of advanced processes of HSM of almost unworkable aeronautical alloys

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Łódzka, Politechnika Warszawska

Wyniki badań Results

Układ wysokociśnieniowego chłodzenia dla szlifowania CFG High pressure cooling system for CFG process

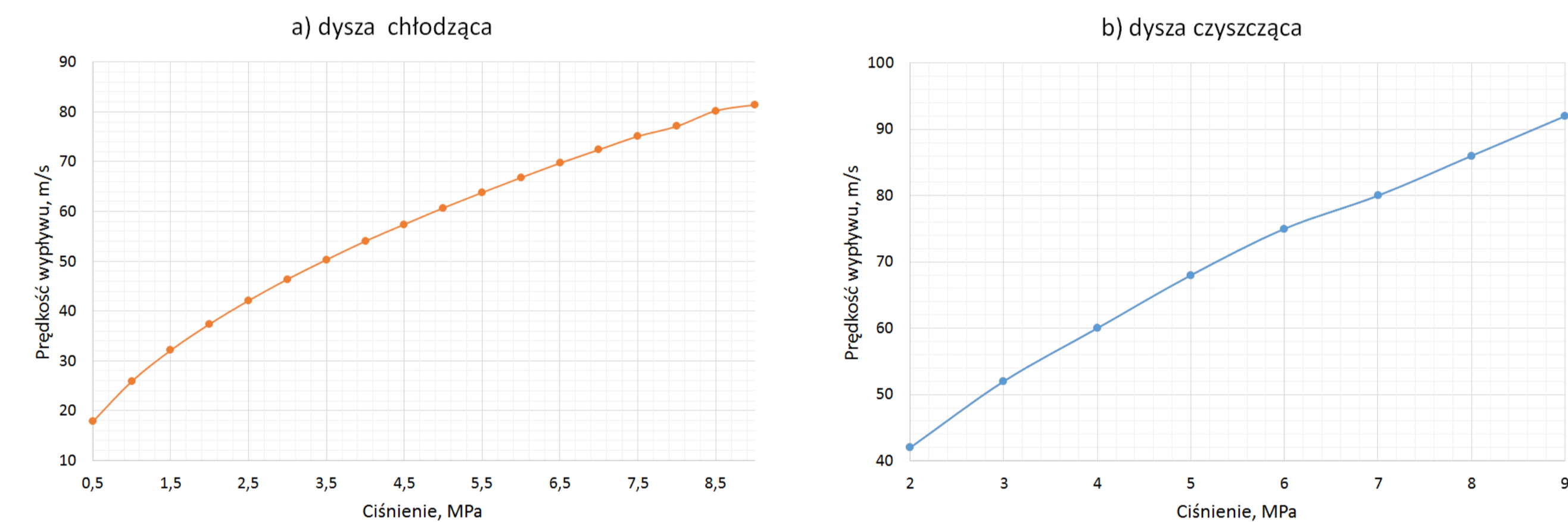
Dokończono budowę układu wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania CFG stopów lotniczych. Układ wyposażono dodatkowo w niezależny system czyszczenia ściernicy składający się z dyszy czyszczącej oraz przyrządu mocującego dysze z możliwością jej pozycjonowania. Dodatkowo doposażono układ w precyzyjny regulator przepływu chłodziwa. Na rys. 1 przedstawiono układ wysokociśnieniowego chłodzenia.



Rys. 1. Układ wysokociśnieniowego chłodzenia: 1) ściernica, 2) obudowa ściernicy, 3) dysza chłodziwa, 4) uchwyt dyszy, 5) zawór regulacyjny, 6) dysza czyszcząca, 7) uchwyt dyszy, 8) czujniki ciśnienia, 9) siłomierz, 10) próbka, 11) obciążacz, 12) imadło.

Charakterystyki dysz chłodziwa Coolant nozzles characteristics

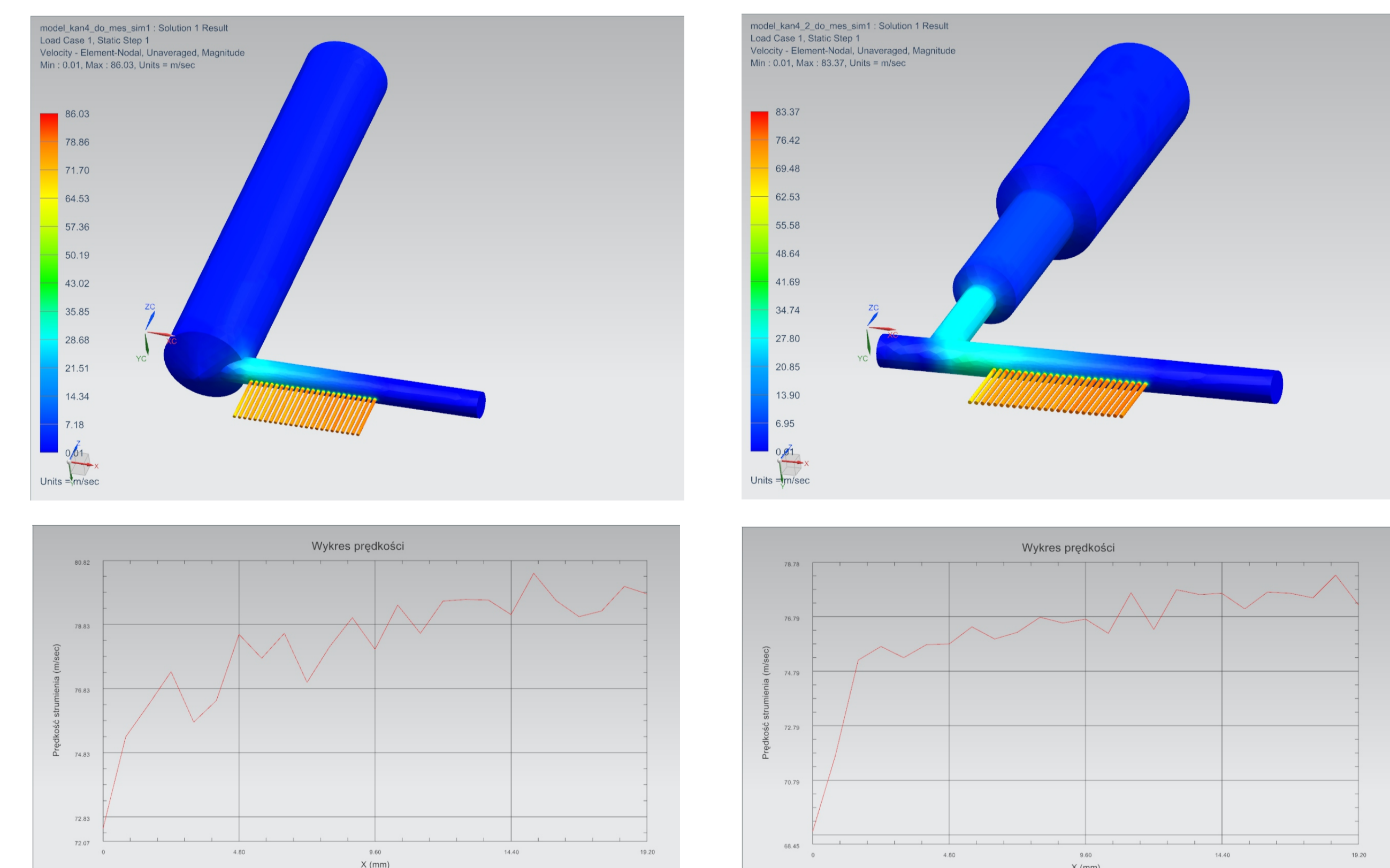
Na podstawie przeprowadzonych analiz MES wyznaczono charakterystyki przepływu w funkcji chłodziwa dla dyszy chłodziwej i dyszy czyszczącej. Na rys. 2 przedstawiono zmianę prędkości przepływu chłodziwa w funkcji ciśnienia cieczy na wlocie do dyszy.



Rys. 2. Charakterystyki dysz chłodziwa: a) chłodziwej, b) czyszczącej

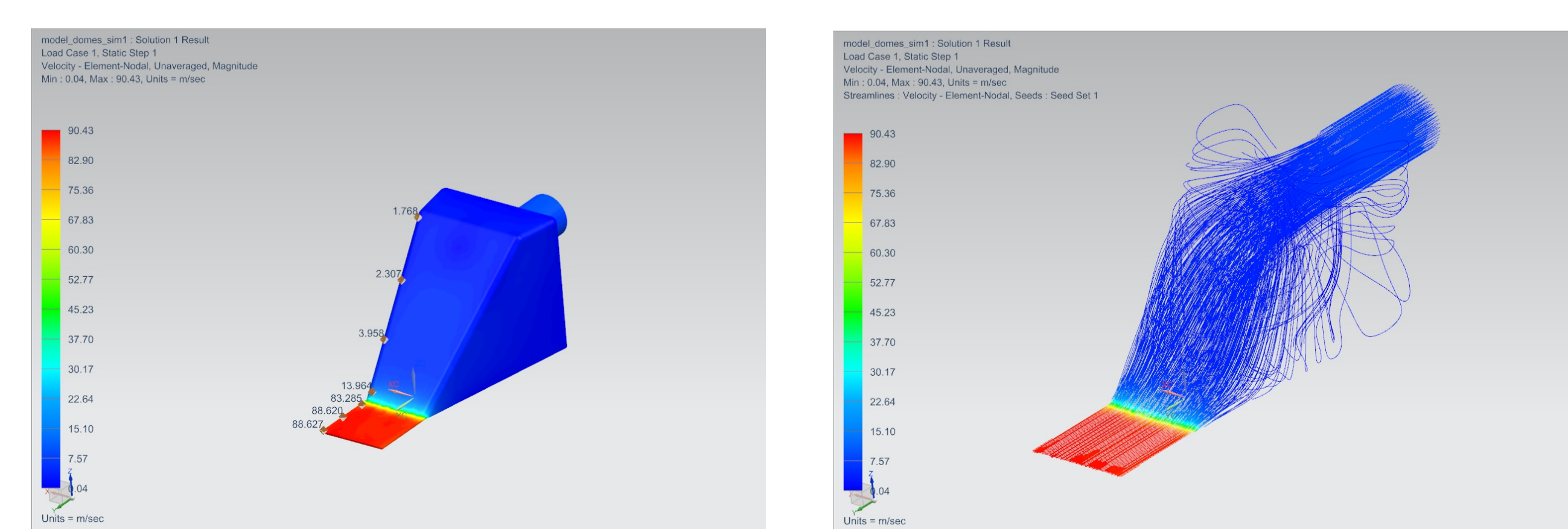
Analiza MES dysz chłodziwa FEM analysis of cooling nozzles

Konstruując dyszę czyszczącą przeprowadzono badania symulacyjne MES analizując warunki przepływu chłodziwa wewnątrz dyszy. Przeanalizowano różne warianty konstrukcyjne dyszy. Przebadano wpływ ustawienia kanału wlotowego oraz parametrów geometrycznych „zbiornika wyrównawczego” na rozkład prędkości przepływu chłodziwa z dyszy oraz przebieg linii prądu. Badania przeprowadzono dla różnych wariantów konstrukcyjnych dyszy, zakładając stałą prędkość przepływu cieczy z dyszy. Na rys. 3 przedstawiono wyniki analiz MES dla różnych wariantów konstrukcyjnych dyszy.



Rys. 3. Wyniki badań symulacyjnych MES dysz czyszczących z rozkładem prędkości przepływu

Przeprowadzono analizę MES szczelinowej dyszy czyszczącej przyjmując drugą koncepcję konstrukcyjną z frezowanym kształtowym zbiornikiem wyrównawczym.



Rys. 4. Wyniki badań symulacyjnych MES dyszy czyszczącej

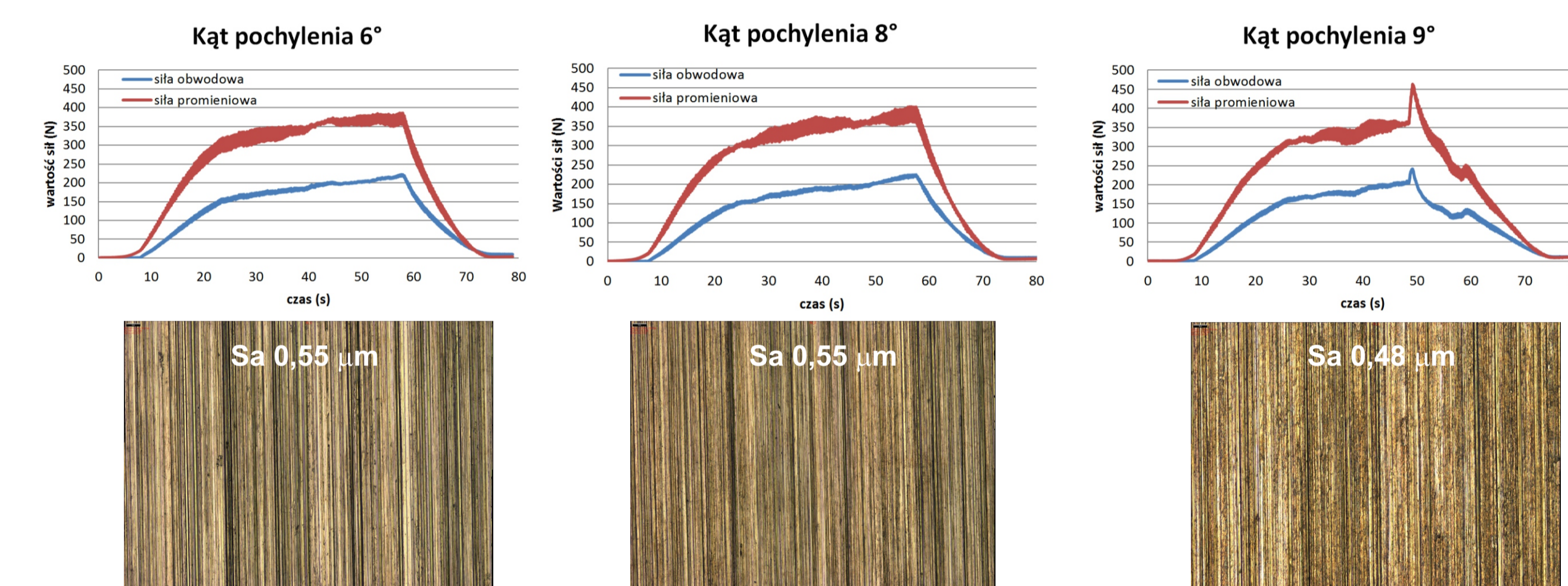
Wyniki badań Results

Badania doświadczalne wysokociśnieniowego chłodzenia procesu szlifowania CFG Experimental researches of high pressure cooling of CFG process

Przeprowadzono badania doświadczalne wysokociśnieniowego chłodzenia w szlifowaniu CFG stopu Inconel 718. Badano wpływ ciśnienia chłodziwa oraz kąta podawania strugi chłodziwa w sekcji chłodzącej i czyszczącej ściernicy na proces szlifowania. Rejestrowano siły szlifowania oraz określano jakość powierzchni po szlifowaniu. Warunki badań: Research conditions: prędkość szlifowania v_s 25 m/s, dosuw szlifowania a_s 1 mm, szerokość szlifowania b 15 mm, długość szlifowania l 50 mm, posuw szlifowania v_f 1 mm/s, ściernica $37A80H14$ corundum + monocorundum, chłodziwo 4% AquaTec 7000 solution.

Wpływ kąta podawania strugi chłodziwa na proces szlifowania CFG The influence of coolant jet angle on CFG process

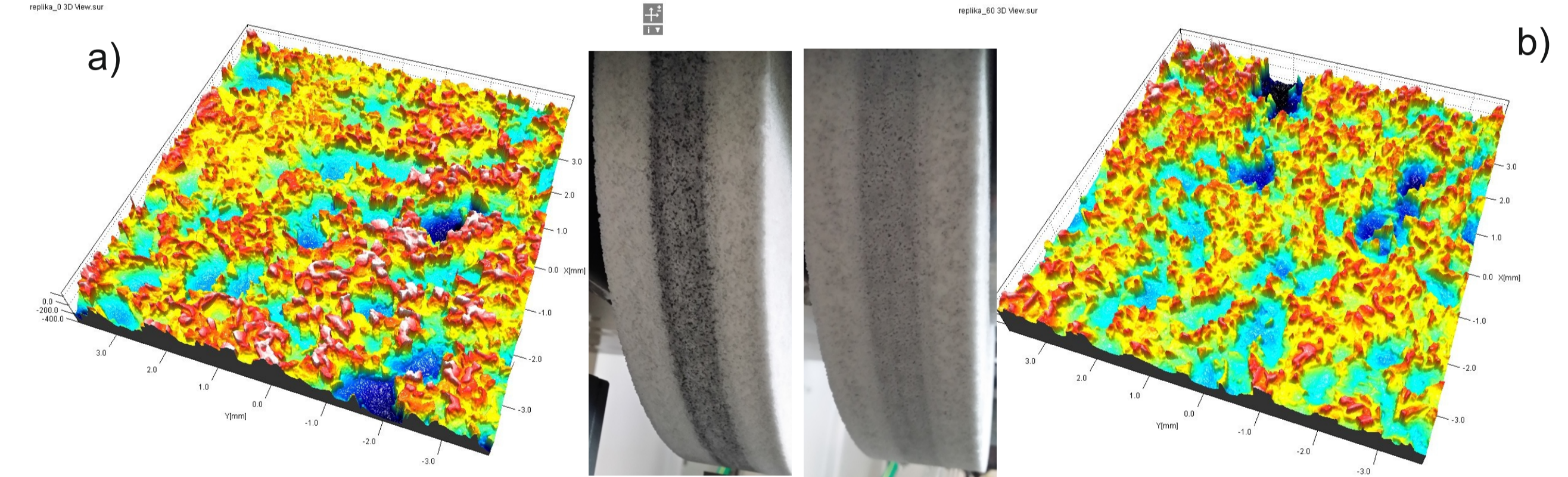
Przeprowadzono badania doświadczalne szlifowania CFG przy ciśnieniu chłodziwa 1,5 Mpa. Zmieniało się kąty strugi chłodziwa w zakresie 6 - 9°. Zaobserwowano, że kąt podawania strugi chłodziwa wpływa głównie na stabilność procesu szlifowania. Chłodziwo powinno być dostarczane do strefy szlifowania pod jak najmniejszym kątem tak, aby uniknąć odbicia od powierzchni ściernicy. Dla przyjętych warunków badań graniczną wartością kąta było 8°. Dla kąta 8,5° proces szlifowania stał się niestabilny, co objawiło się powstaniem przypalenia na szlifowanej powierzchni i nagłym skokiem siły pod koniec szlifowania (rys. 4).



Rys. 5. Wpływ kąta podawania strugi chłodziwa na siły szlifowania i jakość powierzchni

Wpływ czyszczenia ściernicy na proces szlifowania CFG The influence of grinding wheel cleaning on CFG process

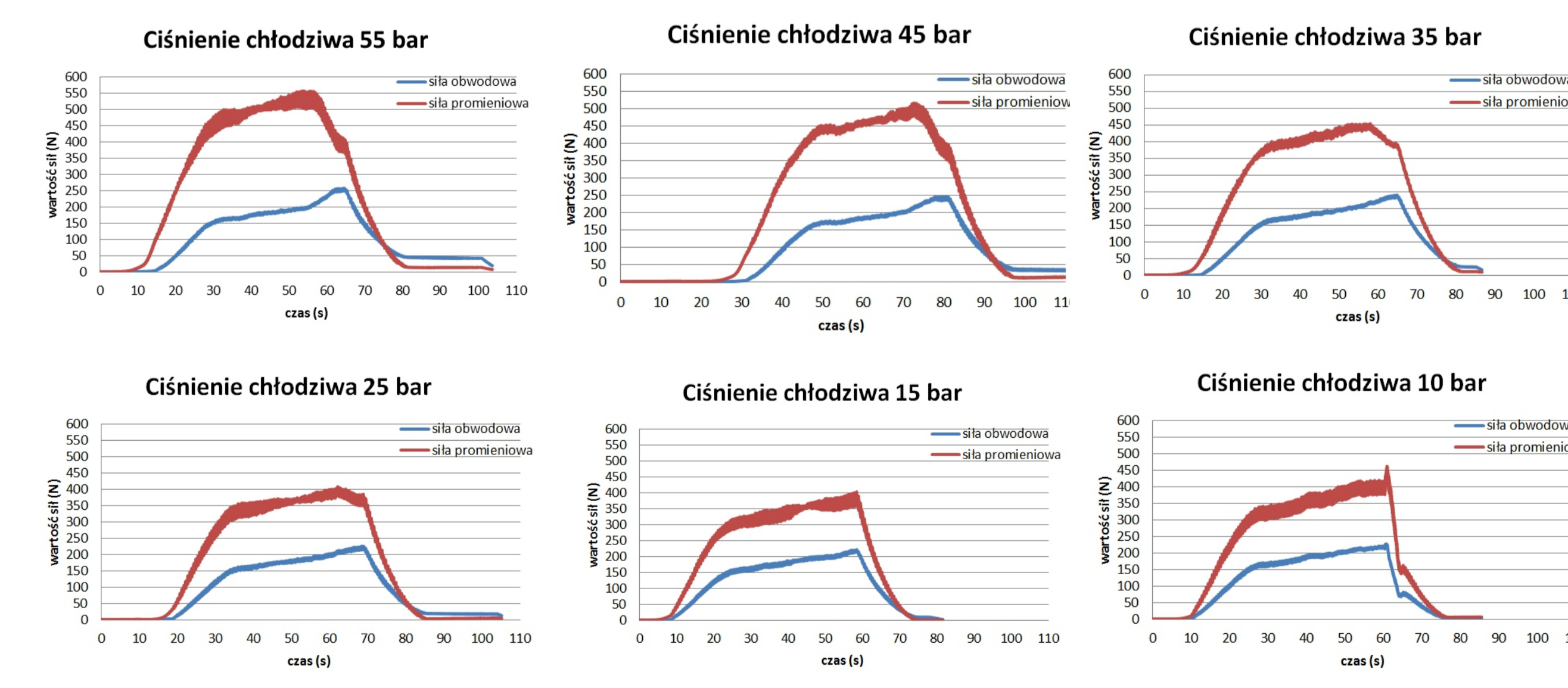
Przeprowadzono badania doświadczalne szlifowania CFG z aktywnym procesem czyszczenia ściernicy za pomocą specjalnie skonstruowanej dyszy czyszczącej. Regulowano ciśnienie w układzie czyszczenia badając wpływ prędkości przepływu chłodziwa z dyszy czyszczącej na przebieg szlifowania CFG. Na rys. 6 przedstawiono widok ściernicy czyszczonej i nieczyszczonej podczas szlifowania oraz obrazy CPS uzyskane w wyniku skanowania replik.



Rys. 6. Widok czynnej powierzchni ściernicy: a) bez czyszczenia, b) z aktywnym czyszczeniem

Wpływ prędkości przepływu strugi chłodziwa na proces szlifowania CFG The influence of coolant jet velocity on CFG process

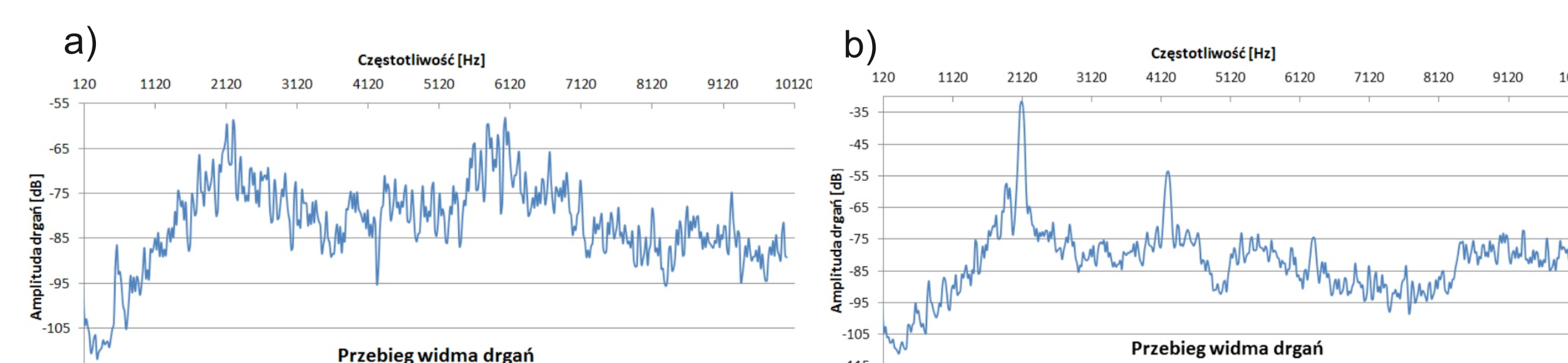
Przeprowadzono badania doświadczalne szlifowania CFG z aktywnym procesem czyszczenia zmieniając ciśnienie chłodziwa w dyszy chłodziwej, co jednocześnie powodowało zmianę prędkości jego przepływu z dyszy. Przeprowadzono badania dla ciśnień od 1 do 5,5 MPa, co dawało prędkości przepływu w zakresie ok. od 25 do 65 m/s. Wzrost prędkości przepływu chłodziwa znacznie ponad prędkość szlifowania powoduje niewłaściwy przebieg procesu szlifowania i zwiększenie sił. Obniżenie prędkości przepływu chłodziwa poniżej prędkości szlifowania powoduje powstawanie przypaleń szlifierskich.



Rys. 7. Przebieg składowych sił szlifowania dla różnych ciśnień chłodziwa

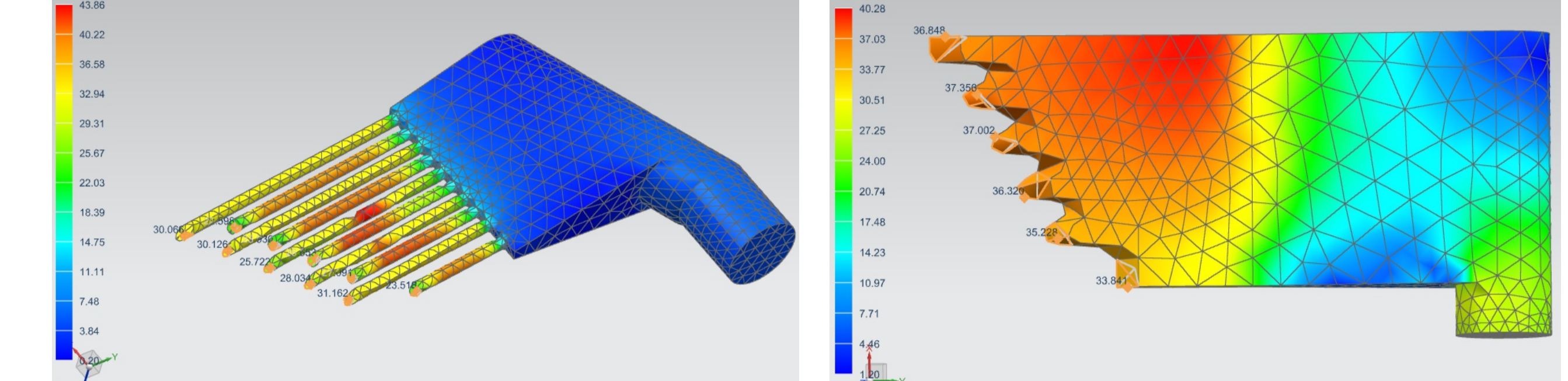
Zastosowanie sygnałów akustycznych do nadzorowania szlifowania CFG Using of acoustic signals for supervising of CFG process

Zaobserwowano wzrost wartości amplitudy drgań całego układu w miarę trwania obróbki. Największy wzrost amplitudy dotyczył harmonicznej o częstotliwości równej częstotliwości własnej oraz podwójnej częstotliwości własnej przedmiotu wraz z uchwytami. Wynosił on ok. 20 dB. Jest on spowodowany promieniowym zużyciem ściernicy.



Rys. 8. Rozkład widmowy sygnału drgań: a) ściernica ostra, b) ściernica stopniowa

Wyniki badań Results



Rys. 9. Wyniki badań symulacyjnych MES prędkości przepływu chłodziwa dla dyszy kształtowej

Wnioski Conclusions

W projektowaniu dyszy czyszczącej istotnym elementem konstrukcyjnym jest wielkość zbiornika wyrównawczego oraz umiejscowienie układu wlotowego cieczy do dyszy. Stałą prędkość przepływu uzyskuje się dla bocznego kanału wlotowego. In designing the cleaning nozzles the important structural components is size of the expansion tank and the location of coolant inflow into the nozzle. A constant flow rate is achieved for the intake side channel.

Dla dyszy kształtowej kanał wlotowy powinien być umiejscowiony po stronie krótszego kanału wylotowego, co zapewnia stałą prędkość przepływu chłodziwa dla całego profilu. For a profile nozzle inlet channel should be positioned on the shorter side of the exhaust duct, which ensuring a constant flow velocity of the coolant for the whole profile.

Wzrost prędkości przepływu chłodziwa i jego ciśnienia powoduje zwiększenie rozproszenia strumienia chłodziwa, co prowadzi do utraty stabilności procesu szlifowania. Wypływ chłodziwa z prędkością zbliżoną bądź nieznacznie wyższą od prędkości szlifowania zapewnia prawidłowy przebieg procesu szlifowania. The increase of the flow rate of the coolant and its pressure causes dispersion of the coolant flow which leads to instability of grinding process. The flow of the coolant at a speed close or slightly higher than the grinding speed ensures correct grinding process.

Kąt ustawienia dyszy chłodziwa względem ściernicy powinien być jak najmniejszy, aby zapewnić styczność strumienia cieczy do obwodu ściernicy w punkcie szlifowania. The angle of the coolant nozzle relative to the grinding wheel should be as small as possible in order to ensure contact of the liquid stream to the perimeter of the grinding wheel at the grinding point.

Proces aktywnego czyszczenia ściernicy podczas szlifowania zwiększa czystość ściernicy i poprawia jej ostrość. Process of active cleaning of the grinding wheel during grinding process increases the purity and improves sharpness of grinding wheel.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- Przygotowanie do wdrożenia wysokociśnieniowego układu chłodzenia procesu szlifowania CFG zamków łopatek silników lotniczych wraz z konstrukcją kształtowych dysz chłodziwa 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 planowane
- Żyłka Ł., Babiarz R., Plodzień M.: **Badania procesu czyszczenia ściernicy w szlifowaniu CFG stopu Inconel 718**. XXXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernicy. 09-11.09.2015 r. Łódź - Uniejów.
 - Żyłka Ł., Babiarz R., Plodzień M.: **Wpływ ciśnienia i kąta podawania strugi chłodziwa na proces szlifowania CFG stopu Inconel 718**. XXXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernicy. 09-11.09.2015 r. Łódź - Uniejów.
 - Babiarz R., Żyłka Ł., Plodzień M.: **Nadzorowanie stanu ściernicy w szlifowaniu CFG z wykorzystaniem sygnałów akustycznych**. XXXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernicy. 09-11.09.2015 r. Łódź - Uniejów.
 - Babiarz R., Żyłka Ł., Plodzień M.: **Układ sterowania prędkością szlifowania z wykorzystaniem interfejsu kółka ręcznego**. XXXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernicy. 09-11.09.2015 r. Łódź - Uniejów.
 - Plodzień M., Żyłka Ł., Babiarz R.: **Projekt i analiza MES dysz kształtowych chłodziwa do szlifowania zamka łopatki silnika lotniczego**. XXXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernicy. 09-11.09.2015 r. Łódź - Uniejów.
 - Żyłka Ł.: **The Influence of Grinding Fluid Effectiveness on Creep Feed Grinding**. 10th AIRTEC 2015 International Congress. Monachium, 3 - 5.11.2015.
 - Babiarz R.: **Diagnostic and control system for the CFG grinding process**. 10th AIRTEC 2015 International Congress, Monachium, 3 - 5.11.2015.

- Publikacje planowane
- Żyłka Ł., Babiarz R., Plodzień M.: **Badania procesu czyszczenia ściernicy w szlifowaniu CFG stopu Inconel 718**. Mechanik.
 - Żyłka Ł., Babiarz R., Plodzień M.: **Wpływ ciśnienia i kąta podawania strugi chłodziwa na proces szlifowania CFG stopu Inconel 718**. Mechanik.
 - Babiarz R., Żyłka Ł., Plodzień M.: **Nadzorowanie stanu ściernicy w szlifowaniu CFG z wykorzystaniem sygnałów akustycznych**. Mechanik.
 - Babiarz R., Żyłka Ł., Plodzień M.: **Układ sterowania prędkością szlifowania z wykorzystaniem interfejsu kółka ręcznego**. Mechanik.
 - Plodzień M., Żyłka Ł., Babiarz R.: **Projekt i analiza MES dysz kształtowych chłodziwa do szlifowania zamka łopatki silnika lotniczego**. Mechanik.

- Prace mgr, dr, hab. Prace magisterskie
- Baran Bartosz: **Projekt i analiza MES dyszy kształtowej czyszczącej ściernicę w szlifowaniu zamka łopatki silnika lotniczego**. Promotor: dr inż. Łukasz Żyłka, planowany termin obrony VI 2015 r.
 - Zymroń 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 łopatki 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.
 - Kolebuk Łukasz: **Wykorzystanie sygnałów akustycznych w nadzorowaniu procesu szlifowania z posuwem pelzającym**. Promotor: dr inż. Robert Babiarz, 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