

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

## Nowoczesna obróbka mechaniczna stopów magnezu i aluminium

### Modern mechanical working of magnesium and aluminium alloys

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

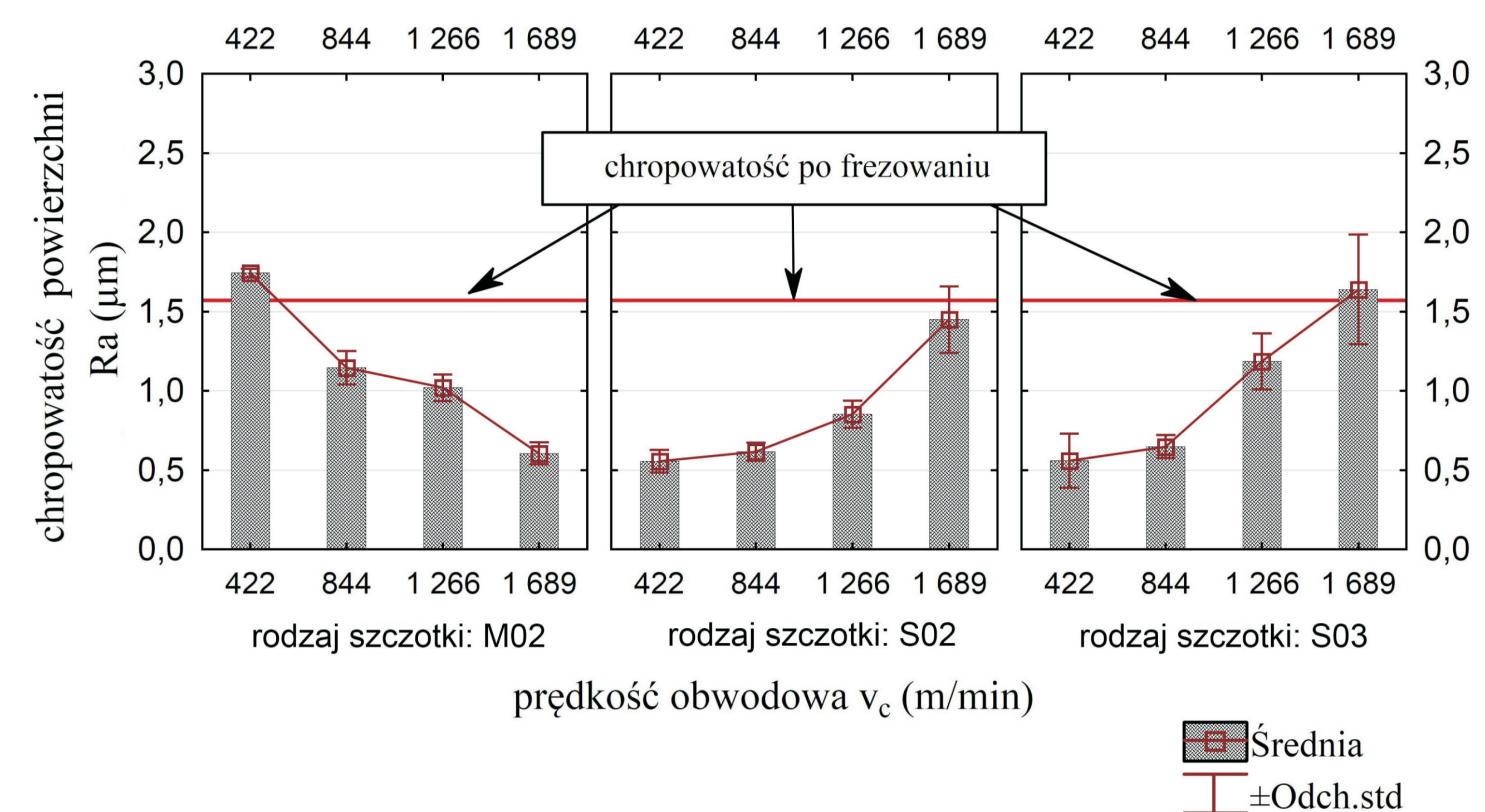
#### Wyniki badań Results

#### Wpływ warunków obróbki szczotkowaniem na chropowatość powierzchni przedmiotów wykonanych ze stopu aluminium

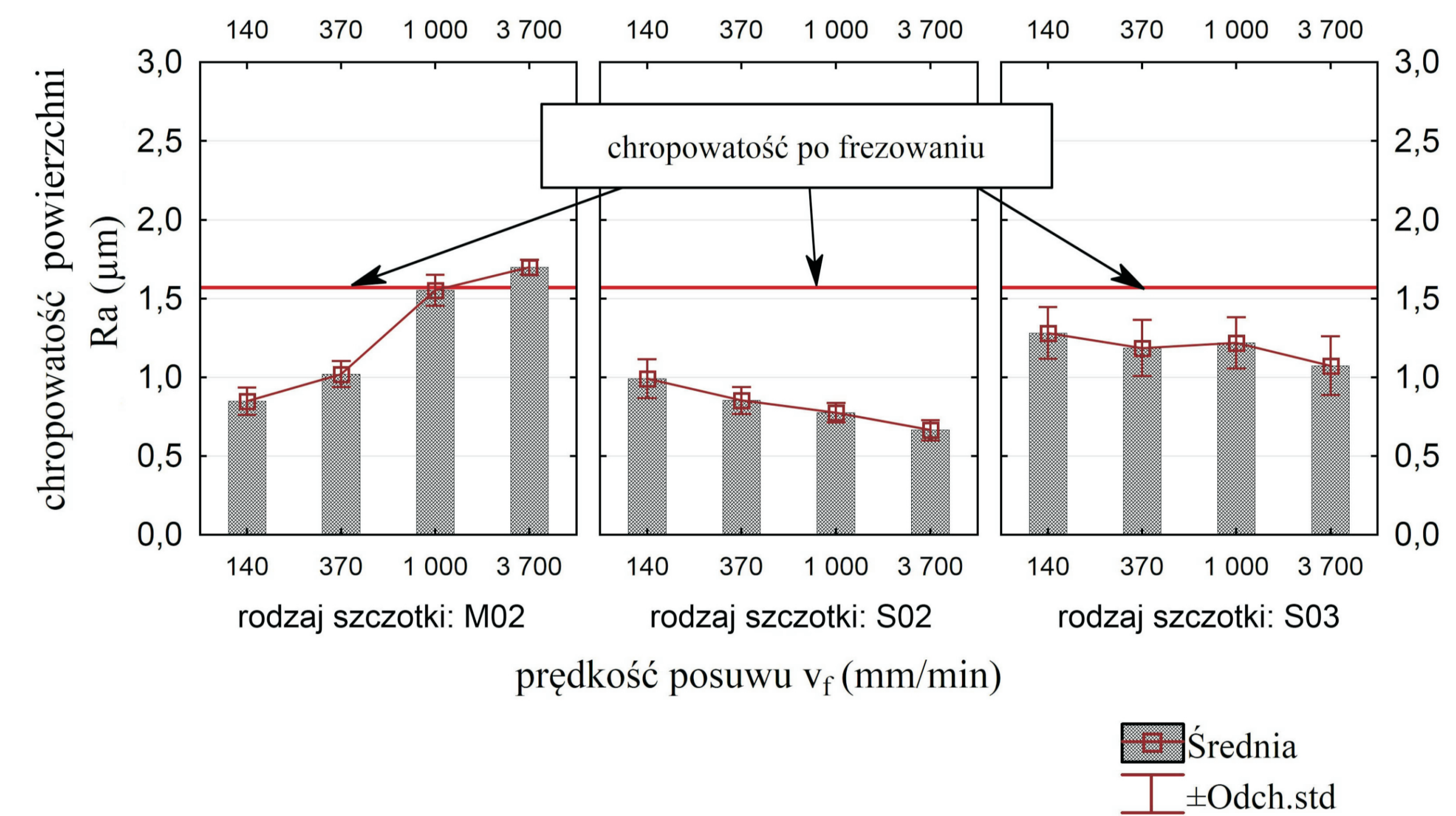
#### Effect of wire brushing conditions upon surface roughness of aluminum alloy parts

Obróbka szczotkowaniem może być wykorzystana w celu usuwania zadziórów powstałych na krawędziach przedmiotów po frezowaniu. Jednak po procesie kształtowania krawędzi istotne jest utrzymanie wymaganego stanu stereometrycznego powierzchni. W pracy przedstawiono analizę wpływu parametrów obróbki szczotkowaniem (prędkość obwodowa  $v_c$  oraz prędkość posuwu  $v_f$ ) oraz zastosowanego medium na chropowatość powierzchni przedmiotów wykonanych ze stopu aluminium 7075-T651. Jako obróbkę poprzedzającą proces szczotkowania zastosowano frezowanie przy stałych parametrach obróbki.

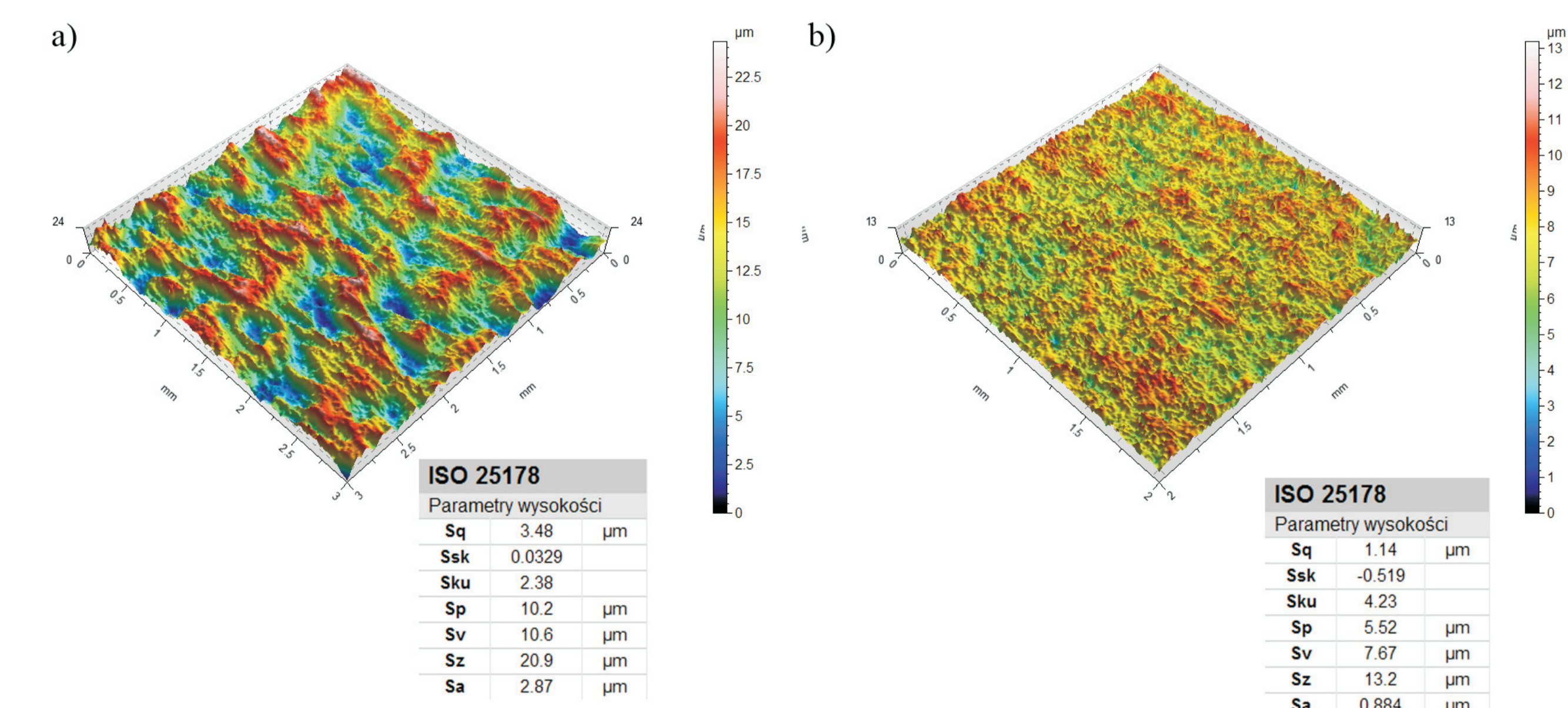
Wire brushing can be used to remove burrs formed at the edges of objects after milling. However, it is important to obtain the required surface roughness after the deburring process. The article was aimed at presenting the results of brushing conditions (brushing speed  $v_c$ , feed rate  $v_f$ ) and the impact of cutting fluid upon surface roughness of 7075-T651 aluminum alloy parts. Before wire brushing face milling with fixed parameters was applied.



Rys. 1. Wpływ prędkości obwodowej  $v_c$  na chropowatość powierzchni po obróbce szczotkowaniem: medium - z chłodzeniem  
Fig. 1. Effect of cutting velocity on surface roughness after wire brushing: medium - with coolant



Rys. 2. Wpływ prędkości posuwu  $v_f$  na chropowatość powierzchni po obróbce szczotkowaniem: medium - z chłodzeniem  
Fig. 2. Effect of feed rate on surface roughness after wire brushing: medium - with coolant



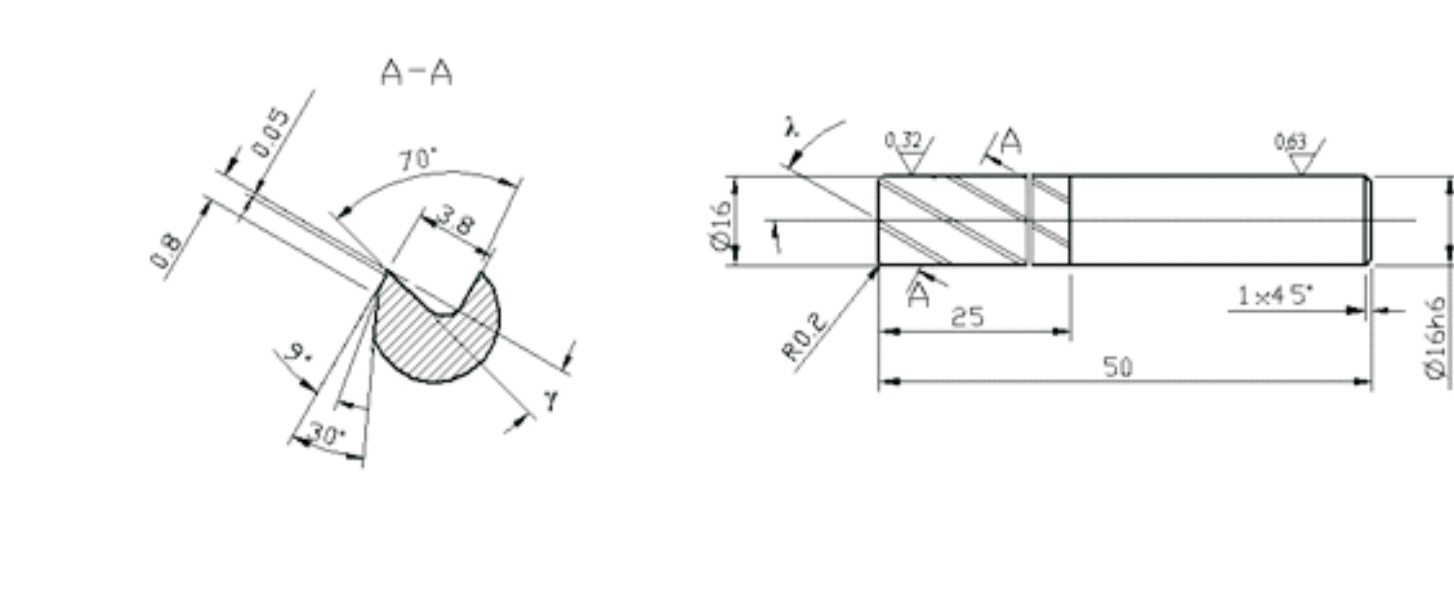
Rys. 3. Porównanie topografii powierzchni po szczotkowaniu narzędziem S02 ( $v_c = 1266$  m/min,  $v_f = 370$  mm/min): a) medium - na sucho, b) medium: z chłodzeniem  
Fig. 3. Comparison of surface topography after brushing with the use of S02 tool ( $v_c = 1266$  m/min,  $v_f = 370$  mm/min): a) medium - dry, b) medium - with coolant

#### Wpływ geometrii narzędzi na siły skrawania podczas frezowania stopów aluminium

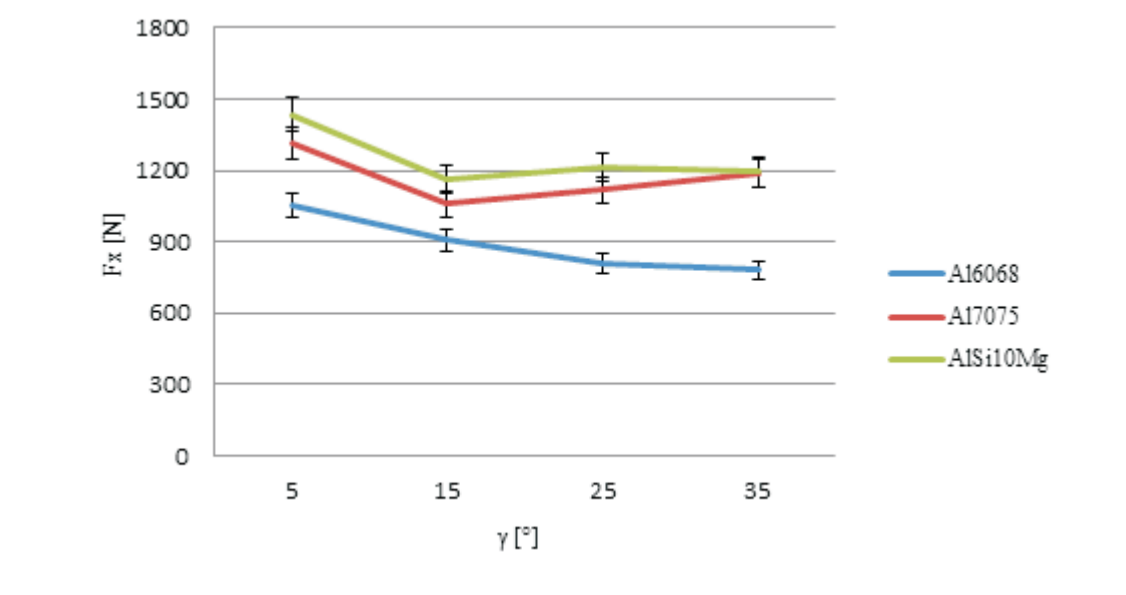
#### Influence of tool geometry upon cutting forces during milling of aluminum alloys

W budowie statków powietrznych stosowane są części o bardzo złożonych kształtach, które wytwarzane są z półfabrykatów w postaci prostopadłościennych płyt metodami obróbki skrawaniem, a podczas tej obróbki usuwa się nawet 95% materiału półfabrykatu. Efektywne usuwanie tak dużej objętości materiału umożliwia obróbka wysoko wydajna (HPC).

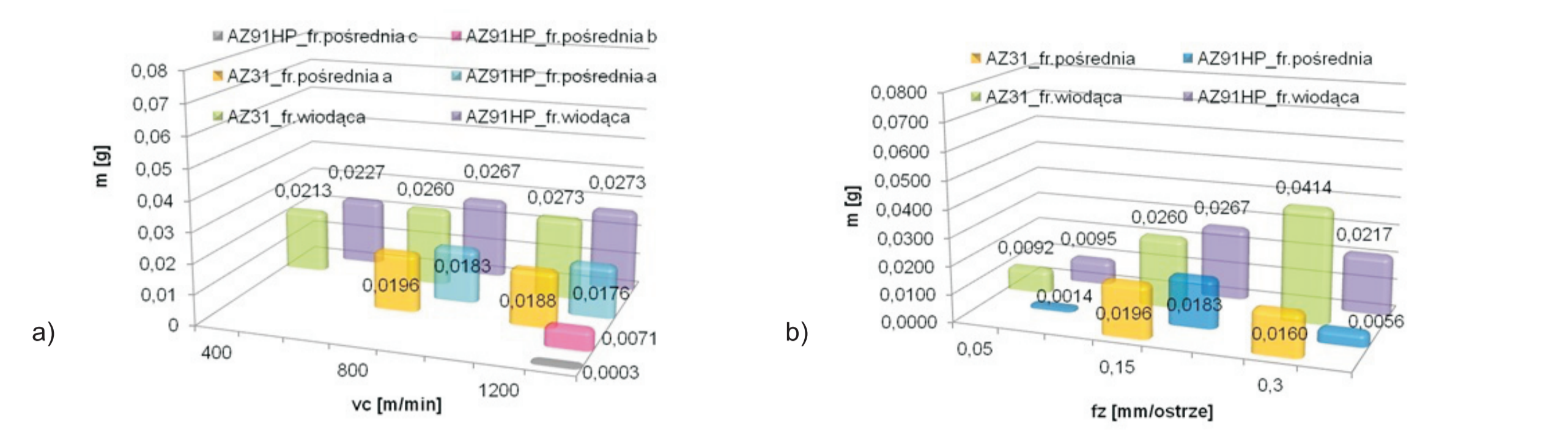
Aircraft elements are mainly complex-shaped parts, manufactured of rectangular blank plates by the use of milling process. During cutting, even 95% percent of material is being removed. Efficient removal of such a large volume of material allows high-performance cutting method (HPC).



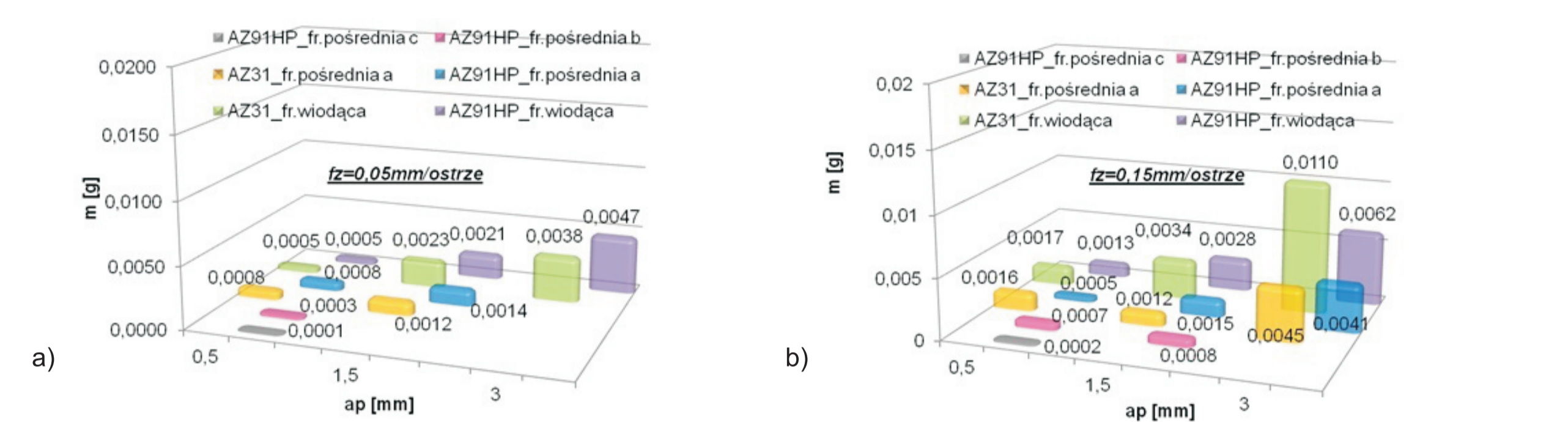
Rys. 4. Geometria frezu wykorzystana w badaniach  
Fig. 4. The geometry of the milling cutting



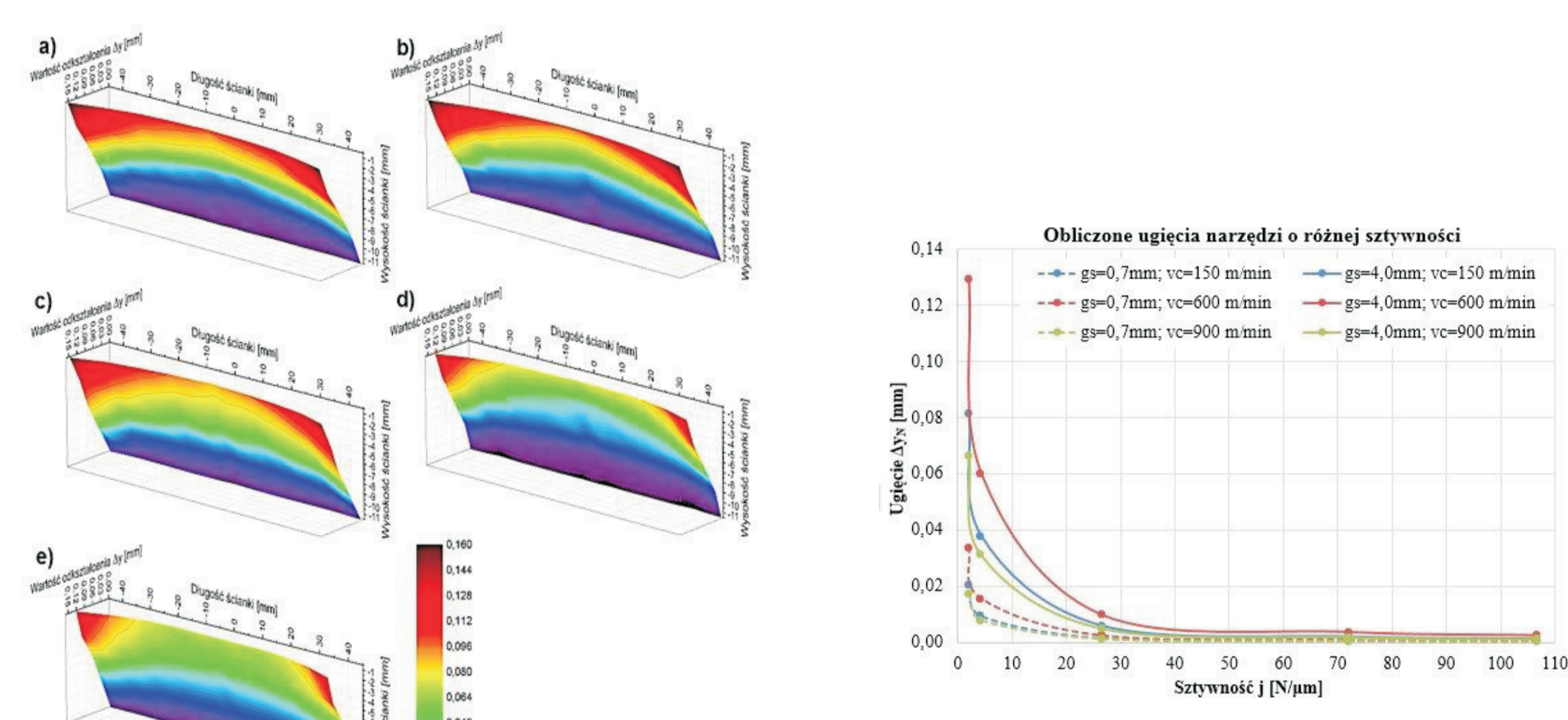
Rys. 5. Wpływ kąta natarcia na siłę skrawania  
Fig. 5. Effect of angle on the cutting force



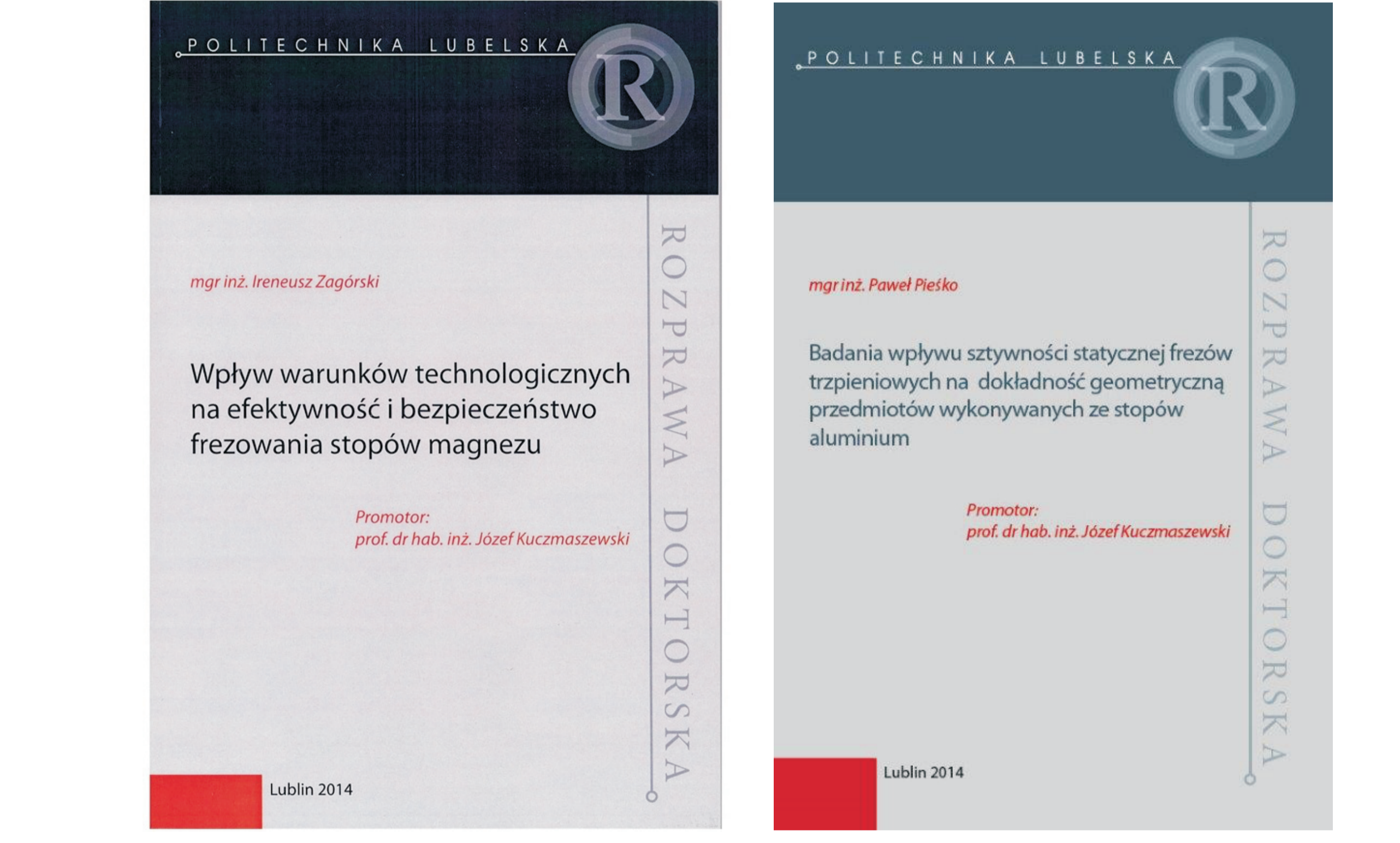
Rys. 6. Wpływ zmiany: a) prędkości skrawania  $v_c$ , oraz b) posuwu na ostrze  $f$ , na masę wiórow oraz powstawanie różnych frakcji wiórow  
Fig. 6. The influence of: a) cutting speed  $v_c$ , and b) feed per tooth  $f$ , on the chip mass and different intermediate chips fractions



Rys. 7. Wpływ zmiany głębokości skrawania  $a$ , na masę wiórow oraz powstawanie różnych frakcji wiórow: a)  $f_1=0,05$ mm/ostre, b)  $f_1=0,15$ mm/ostre;  $v_c=800$ mm/min  
Fig. 7. The influence of depth of cut  $a$ , on the chip mass and different intermediate chips fractions: a)  $f_1=0,05$ mmpt, b)  $f_1=0,15$ mmpt;  $v_c=800$ mm/min



Rys. 8. Zarys powierzchni bocznej ścianek niewierdzonych o długości  $L_s=90$ mm i grubości  $g_s=0,7$ mm; materiał EN AW-7075; prędkość skrawania  $v_c=600$ m/min; sztywność narzędzi  $j$ : a) 106,8 N/µm, b) 72 N/µm, c) 26,4 N/µm, d) 4,3 N/µm, e) 2,0 N/µm  
Fig. 8. The outline of the side surface unrestrained walls about the length  $L_s=90$  mm and thickness  $g_s=0,7$ mm; material EN AW-7075; cutting speed  $v_c=600$  m/min; stiffness of the tools  $j$ : a) 106,8 N/µm, b) 72 N/µm, c) 26,4 N/µm, d) 4,3 N/µm, e) 2,0 N/µm



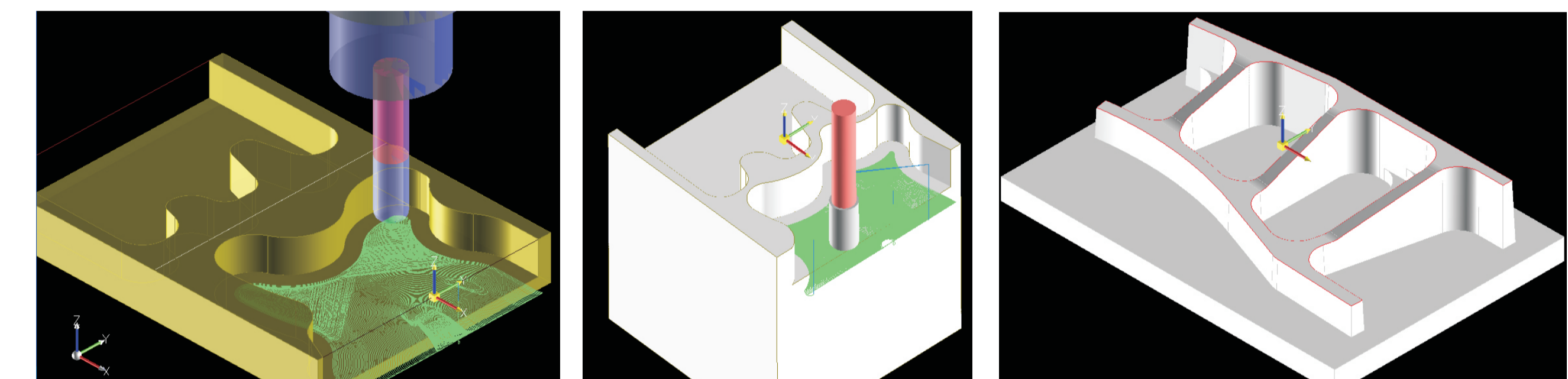
Rys. 10. Strony tytułowe Rozpraw Doktorskich  
Fig. 10. The cover pages Thesis Doctors

#### Wnioski Conclusions

1. Stereometryczne właściwości warstwy wierzchniej uzależnione są od warunków obróbki szczotkowaniem.
2. Ciecz chłodząca w istotnym stopniu wpływa na chropowatość powierzchni po obróbce szczotkowaniem.
3. Dla większości zestawów parametrów technologicznych szczotkowania na sucho, pogorszeniu uległa chropowatość powierzchni w stosunku do obróbki frezowaniem.
4. Zastosowanie cieczy obróbkowej podczas obróbki szczotkowaniem pozwala na znaczne zmniejszenie chropowatości powierzchni w stosunku do obróbki frezowaniem.
5. Najmniejsze wartości chropowatości powierzchni  $R_a = 0,6 \mu m$  pojawiły się po obróbce z chłodzeniem narzędziami S02 oraz S03 z prędkością obwodową  $v_c = 422$  m/min i posuwem  $v_f = 370$  mm/min.
6. Dla stopów AlMg10Si i AW7075 największe zmiany siły posuwowej oraz momentu skrawania wystąpiły dla zakresu kąta natarcia  $\gamma_n = (5-15)^\circ$ , dalsze zmniejszenie kąta  $\gamma_n$  nie powodowało znaczącej zmiany wartości siły i momentu, dla stopu Al6068 siła i moment malały w całym badanym zakresie zmian kąta  $\gamma_n$ .
7. Zmiana prędkości skrawania  $v_c$  nie powoduje istotnej zmiany masy wióra frakcji wiodącej. Zmiana masy wióra jest istotna przy zmianie  $a_p$  oraz  $f_z$  (zgodny z oczekiwaniami, w przybliżeniu liniowy przyrost masy wiórow).
8. Fragmentowanie wiórow jest zjawiskiem niekorzystnym, głównie ze względu na większe ryzyko zapiłno drobnych frakcji pośrednich wiórow oraz zanieczyszczenie przestrzeni obróbkowej.
9. Ogólnie należy stwierdzić, że w większości przypadków, zwłaszcza przy skrajnych wartościach parametrów technologicznych frezowania, większą fragmentacją wiórow charakteryzował się stop AZ91HP.
10. Narzędzia o geometrii typu Kordell powodują znaczne fragmentowanie wiórow oraz powstawanie frakcji pylistej, co jest niekorzystne z punktu widzenia bezpieczeństwa, ze względu na skłonność do samozapłonu podczas obróbki drobnych frakcji wiórow.
11. Obniżenie sztywności narzędzi w zakresie  $j=106,8+26,4$  N/µm powoduje tylko nieznaczne pogorszenie jakości wykonanych ścianek. Znaczące zwiększenie chropowatości powierzchni oraz odkształcenie przedmiotu obrabianego lub narzędzia (co zależy od grubości ścianek  $g_s$ ) występuje dla narzędzi o sztywności mniejszej od  $j=26,4$  N/µm.

1. Surface topography depends on the brushing conditions.
2. Coolant has a significant impact on surface roughness after brushing.
3. During dry brushing for most of the technological parameter surface roughness deteriorated when compared to milling process.
4. Coolant application during brushing allows a significant reduction in surface roughness when compared to the milling process.
5. The lowest values of surface roughness  $R_a = 0,6 \mu m$  appeared after brushing with coolant with the use of S02 and S03 tools at a cutting velocity  $v_c = 422$  m/min and feed rate  $v_f = 370$  mm/min.
6. For AlMg10Si and AW7075 alloys the biggest changes of feed force and torque occurred for the range of angle of attack  $\gamma_n = (5-15)^\circ$ , further  $\gamma_n$  angle reduction did not result in significant force and torque change. For the Al6068 alloy force and torque decreased in whole range of  $\gamma_n$  angle change.
7. Changing the cutting speed  $v_c$  does not cause a significant change in the mass fraction of the leading chip. The change of the chip mass is important when we changed  $a_p$  and  $f_z$  (as expected, an approximately linear increase of chips mass).
8. Increase in the number of intermediate chip fractions is a negative phenomenon, mainly due to the higher risk ignition of intermediate, small chips fractions and contamination inside the machine.
9. In general, it should be stated that in most cases, especially at extreme values of technological milling parameters, greater chips fragmentation was characterized AZ91HP alloy.
10. Tools with Kordell design geometry causes significant fragmentation and the formation of particulate fraction, which is disadvantageous from the safety point of view, due to the tendency to self-ignition chips during machining.
11. Reduction of tools stiffness in the range of  $j=106,8 + 26,4$  N/µm causes only slight quality deterioration of manufactured walls. A significant increase of the surface roughness and deformation of workpiece or tool (which depends on the thickness of walls  $g_s$ ) occurs for tools with stiffness less than  $j=26,4$  N/µm.

#### Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation



#### Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- W drugim półroczu 2014 roku współpracowano z zakładami:
1. PZL Świdnik S.A. AgustaWestland,
  2. WSK "PZL-RZESZÓW" S. A.,
  3. PZL Mielec,
  4. Ultratech,
  5. Szeltech.

#### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

- #### Referaty
1. Kuczmazewski J., Zagórski I.: **Badania fragmentowania wiórow w procesie frezowania stopów magnezu**. VIII Szkoła Obróbki Skrawaniem, wrzesień 2014, Międzyzdroje
  2. Zaleski K., Matuszak J.: **Badania rozkładu naprężeń własnych w warstwie wierzchniej przedmiotów ze stopów aluminium po nagniataniu wibracyjnym**. VIII Szkoła Obróbki Skrawaniem, wrzesień 2014, Międzyzdroje
  3. Klonica M., Kuczmazewski J.: **Badania stanu energetycznego warstwy wierzchniej stopów magnezu po frezowaniu**. VIII Szkoła Obróbki Skrawaniem, wrzesień 2014, Międzyzdroje
  4. Matuszak J., Zaleski K.: **Badania wybranych właściwości warstwy wierzchniej stopu magnezu AZ31 po obróbce szczotkowaniem**. VIII Szkoła Obróbki Skrawaniem, wrzesień 2014, Międzyzdroje
  5. Zaleski K., Pałka T.: **Wpływ geometrii ostrza na siły skrawania podczas frezowania stopów aluminium**. VIII Szkoła Obróbki Skrawaniem, wrzesień 2014, Międzyzdroje
  6. Matuszak J., Zaleski K.: **Wpływ warunków obróbki szczotkowaniem na chropowatość powierzchni przedmiotów wykonanych ze stopu aluminium**. VIII Szkoła Obróbki Skrawaniem, wrzesień 2014, Międzyzdroje

- #### Publikacje
1. Kuczmazewski J., Zagórski I.: **Badania fragmentowania wiórow w procesie frezowania stopów magnezu**. *Mechanik*, nr 8-9/2014, str. 321-327
  2. Zaleski K., Matuszak J.: **Badania rozkładu naprężeń własnych w warstwie wierzchniej przedmiotów ze stopów aluminium po nagniataniu wibracyjnym**. *Mechanik*, nr 8-9/2014, str. 331-339
  3. Klonica M., Kuczmazewski J.: **Badania stanu energetycznego warstwy wierzchniej stopów magnezu po frezowaniu**. *Mechanik*, nr 8-9/2014, str. 477-483
  4. Matuszak J., Zaleski K.: **Badania wybranych właściwości warstwy wierzchniej stopu magnezu AZ31 po obróbce szczotkowaniem**. *Mechanik*, nr 8-9/2014, str. 180-188
  5. Matuszak J., Zaleski K.: **Edge states after wire brushing of magnesium alloys**. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 86 (2014), 328-335
  6. Gziut O., Kuczmazewski J., Zagórski I.: **The influence of technological parameters and geometric features of a cutting edge on cutting forces during AZ91HP alloy milling**. *Advances in Manufacturing Science and Technology*, vol. 38 (2), 2014, 83-92
  7. Zaleski K., Pałka T.: **Wpływ geometrii ostrza na siły skrawania podczas frezowania stopów aluminium**. *Mechanik*, nr 8-9/2014, str. 639-646
  8. Matuszak J., Zaleski K.: **Wpływ warunków obróbki szczotkowaniem na chropowatość powierzchni przedmiotów wykonanych ze stopu aluminium**. *Mechanik*, nr 8-9/2014, str. 509-516

- #### Zgłoszenia patentowe
1. Zaleski K., Bławucki S.: **Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar średnicy odciśku**. Nr P. 408630 z dnia 23.06.2014r.
  2. Zaleski K., Bławucki S.: **Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar prędkości elementu nagniatającego**. Nr P. 408631 z dnia 23.06.2014r.
  3. Zaleski K., Skoczylas A.: **Głowica do nagniatania odśrodkowego**. Nr P. 410010 z dnia 31.10.2014r.