

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

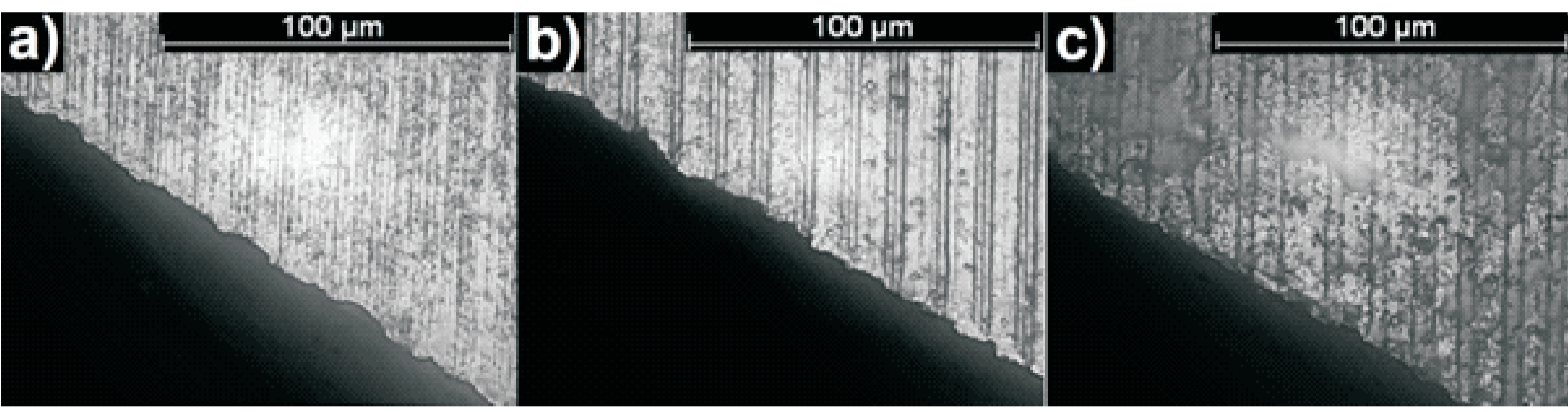
Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

Wyniki badań

Results



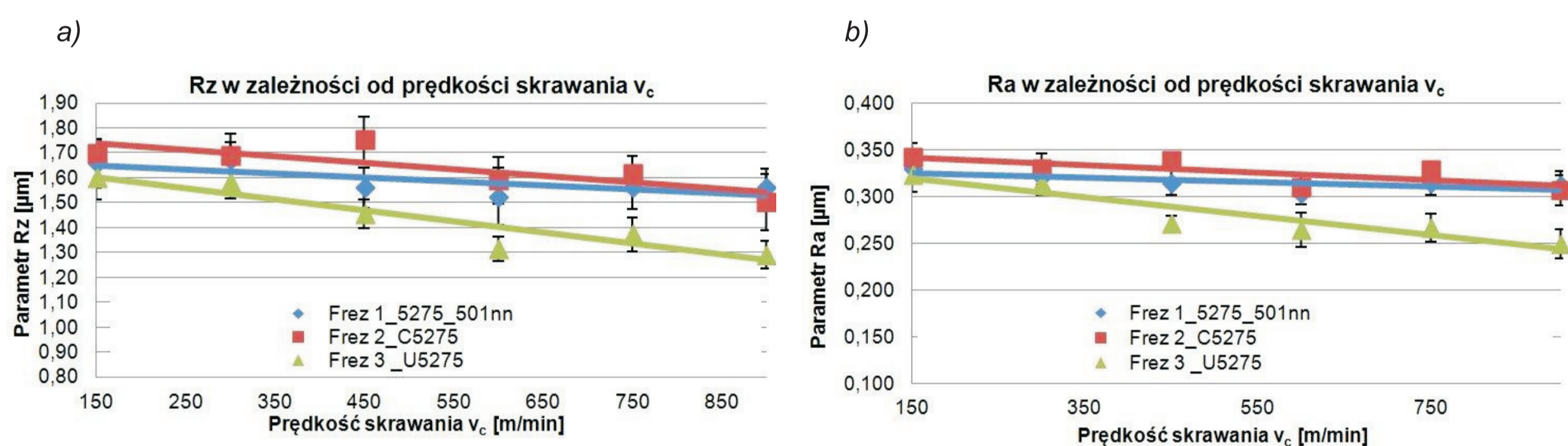
Rys.1. Widok i wymiary narzędzia zastosowanego w badaniach
Fig.1. The view and the tool dimensions used in the study



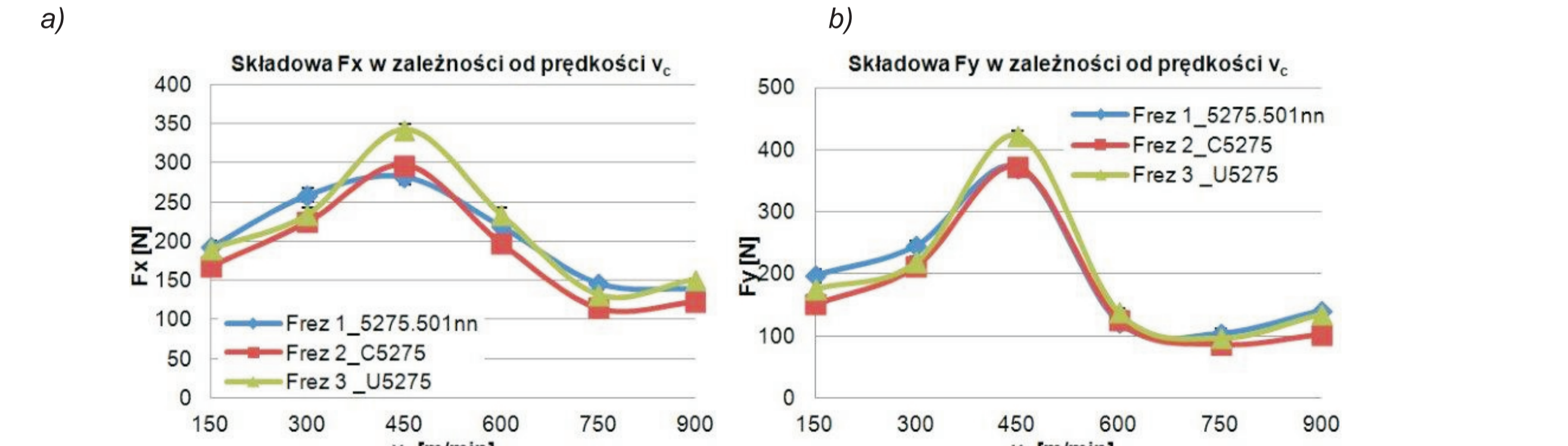
Rys.2. Widoki krawędzi skrawających i powierzchni przyłożenia: a) frez 1 - 5275.501nn, b) frez 2 - C5275, c) frez 3 - U5275, (powiększenie x1000)
Fig.2. Views of the cutting edge and the flank: a) cutter 1 - 5275.501nn, b) cutter 2 - C5275, c), cutter 3 - U5275, (zoom x1000)

Tabela 1. Właściwości materiału podłoża oraz powłok narzędzi
Table 1. The material properties of the substrate and the coating of tools

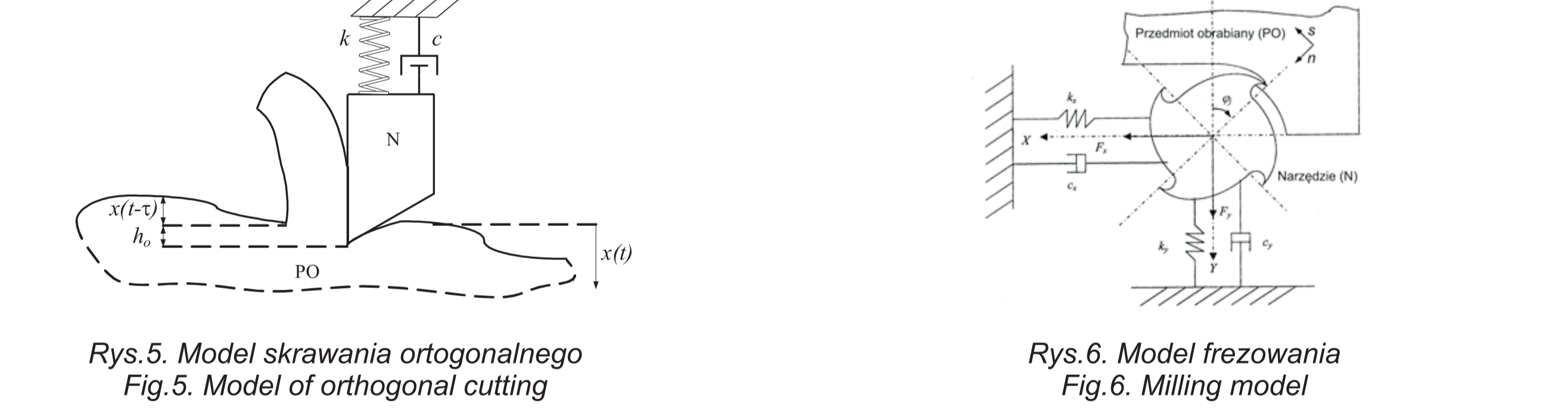
Oznaczenie narzędzia	Frez 1 - 5275.501nn	Frez 2 - C5275	Frez 3 - U5275
Oznaczenie węglika	HM MG10	HM MG10	HM MG10
Rodzaj węglika	ultra drobnoziarnisty	ultra drobnoziarnisty	ultra drobnoziarnisty
Wielkość ziaren [µm]	0.4	0.4	0.4
Zawartość Co [%]	10	10	10
Twardość węglika [HV]	1600	1600	1600
Nazwa powłoki	-	CELERO	UNICUT-4X
Materiał powłoki	-	TiB ₂	TiAlCN
Twardość powłoki [HV]	-	4000	3200
Grubość powłoki [µm]	-	1-2	2
Max. temperatura nanoszenia powłoki [°C]	-	700	650
Przeznaczenie i właściwości	Obróbka Al i Cu oraz tworzyw sztucznych	Obróbka Al i Cu oraz tworzyw sztucznych - powłoka o bardzo dobrych właściwościach antyadhezyjnych	Uniwersalna powłoka o przeznaczeniu do obróbki stali, superstopów oraz stopów Al i Cu



Rys.3. Chropowatość powierzchni w zależności od prędkości skrawania vc: a) parametr Rz, b) parametr Ra (fz=0,08mm/ostre, ap=12mm, ae=1mm)
Fig.3. The surface roughness depending on the cutting speed vc: a) Rz parameter, b) Ra parameter (f = 0,08 mm / tooth, ap = 12 mm, ae = 1 mm)

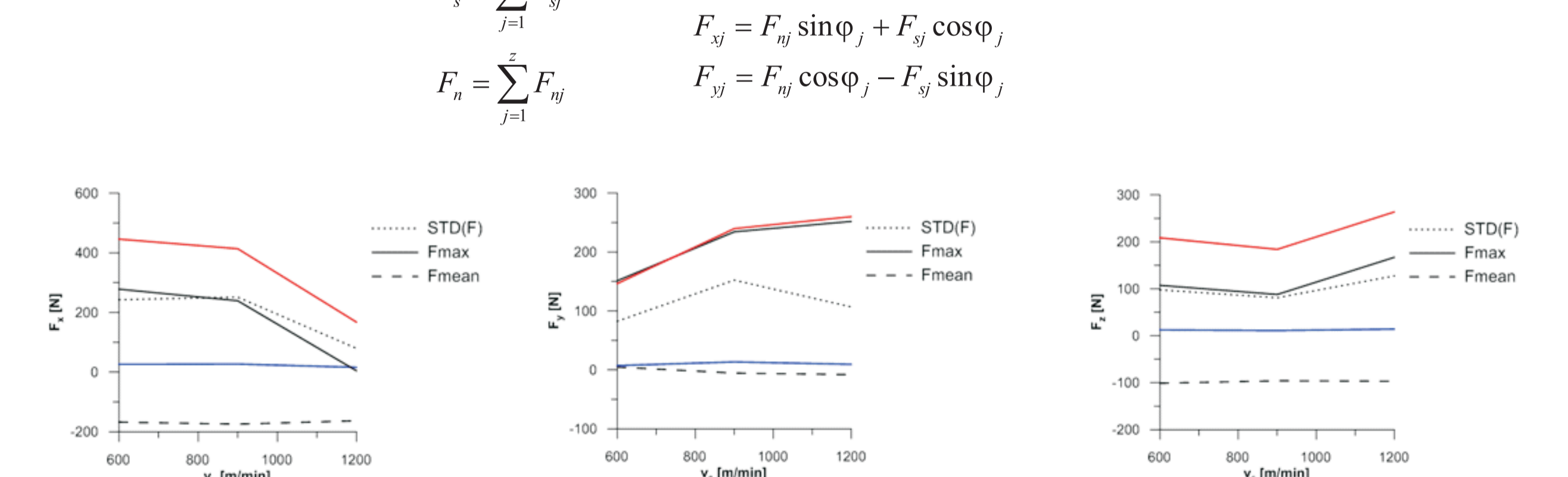


Rys.4. Składowe siły skrawania w zależności od prędkości skrawania vc: a) składowa Fx, b) składowa Fy, (fz=0,08mm/ostre, ap=12mm, ae=1mm)
Fig.4. The components of the cutting force depending on the speed vc: a) component Fx, b) component Fy, (f = 0,08 mm / tooth, ap = 12 mm, ae = 1 mm)

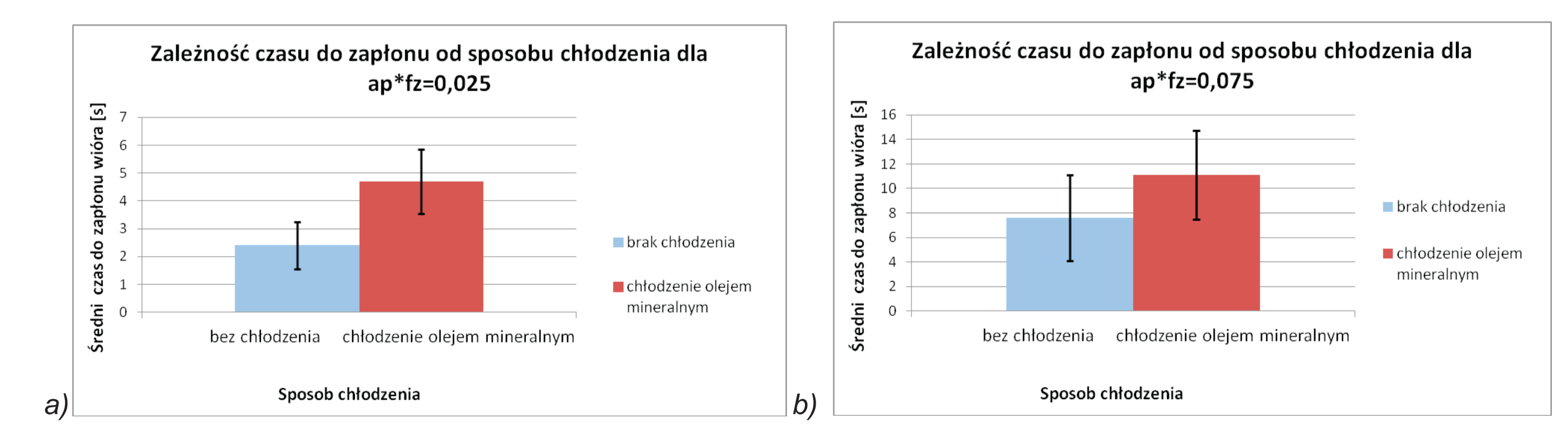


Rys.5. Model skrawania ortogonalnego
Fig.5. Model of orthogonal cutting

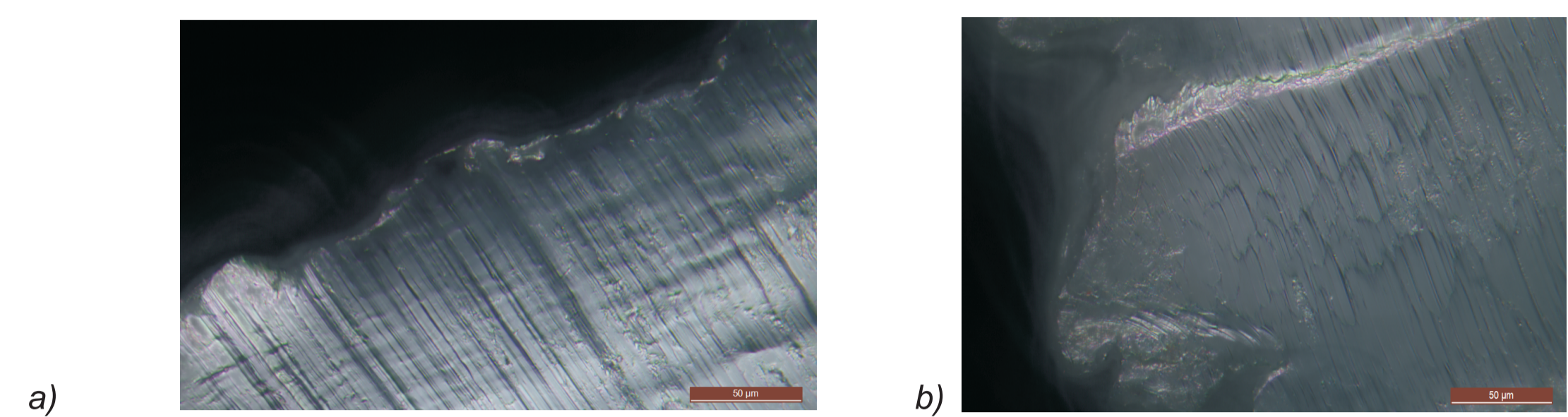
Rys.6. Model frezowania
Fig.6. Milling model



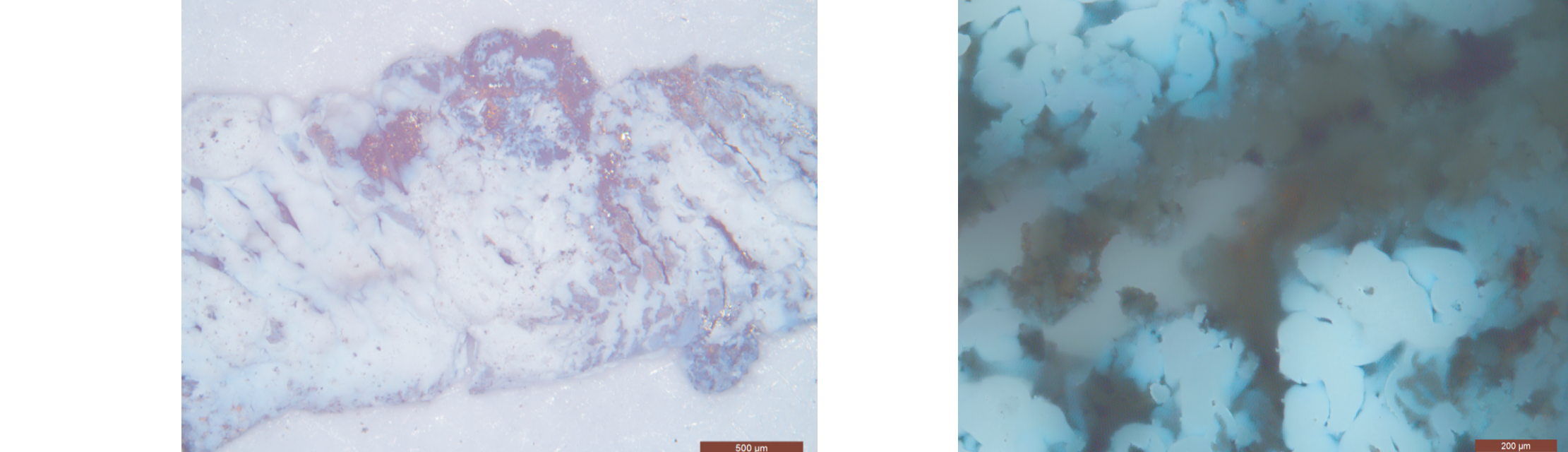
Rys.7. Statystyczne parametry składowych siły skrawania stopu magnezu w funkcji prędkości
Fig.7. Statistics of cutting force versus cutting magnesium alloys velocity



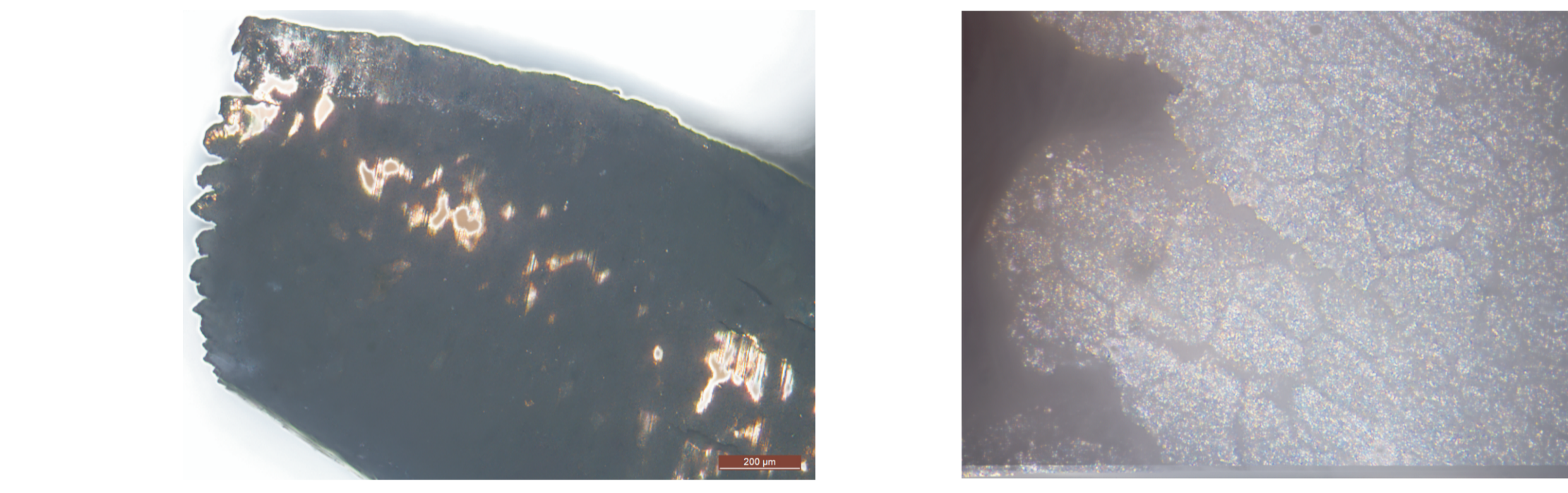
Rys.8. Zależność czasu do zapłonu od sposobu chłodzenia dla: a) ap*fz=0,025; b) ap*fz=0,075
Fig.8. Dependence of the time to ignition of the cooling process: a) ap*fz=0,025; b) ap*fz=0,075



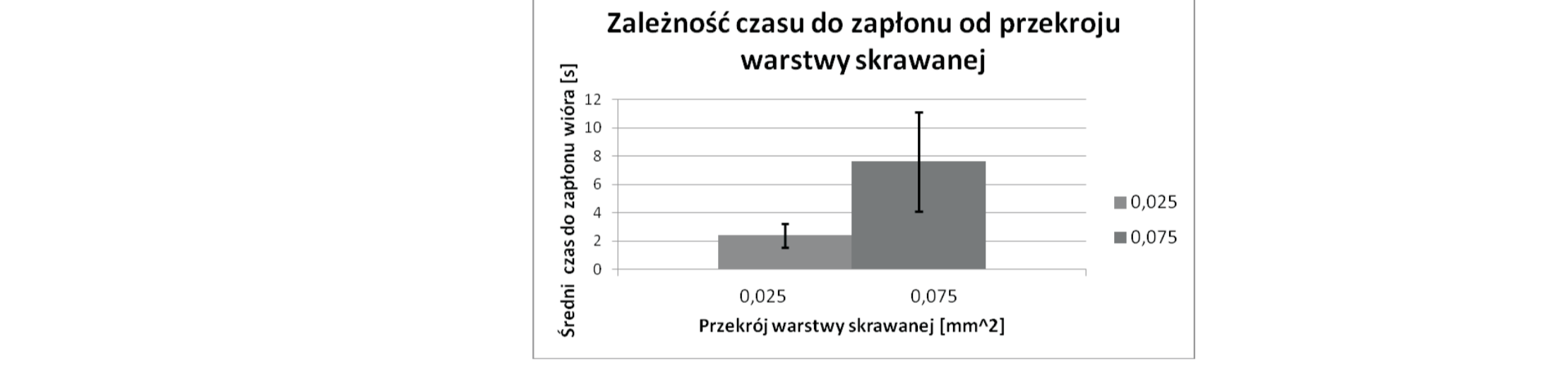
Rys.9. Metalograficzne fotografie wiórków ze stopów Mg, w przypadku prędkości skrawania vc=1200m/min: a) stop AZ91HP; b) stop AZ31
Fig.9. Metallographic images of magnesium alloy chips formed with the cutting velocity vc=1200m/min: a) AZ91HP alloy; AZ31 alloy



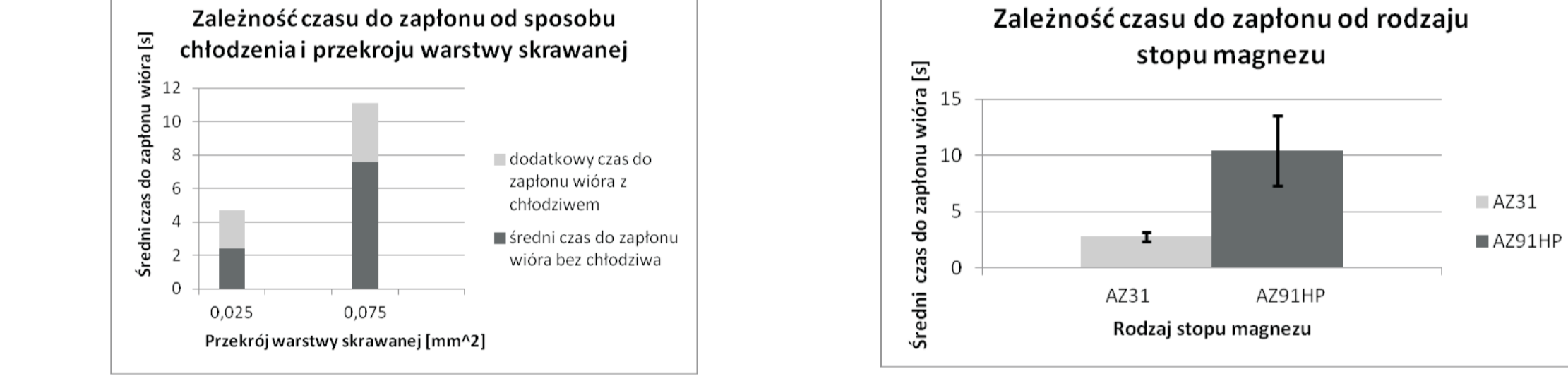
Rys.10. Obserwacje fotografii wiórków poddanych zapłonowi na płycie grzewczej na specjalnym stanowisku badawczym (zapłon obserwowano dla temperatury ok. 500°C)
Fig.10. Images of chips ignited on the hot plate on a special test stand (ignition observed for approximately 500 °C)



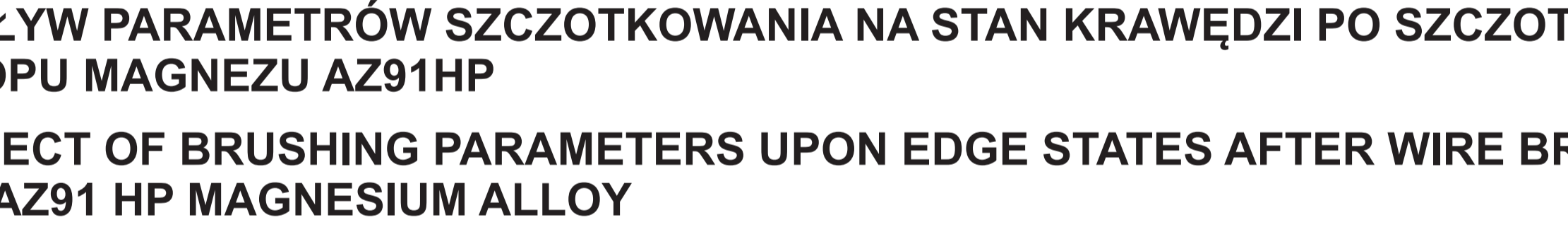
Rys.11. Fotografie wiórków poddanych działaniu wysokiej temperatury (ok. 500°C) dla których nie wystąpił zapłon na płycie grzewczej
Fig.11. Images of chips subjected to high temperature (approximately 500 °C) which were not ignited on the hot plate



Rys.12. Zależność czasu do zapłonu od przekroju warstwy skrawanej
Fig.12. The dependence of time to ignition of cross cutting layer



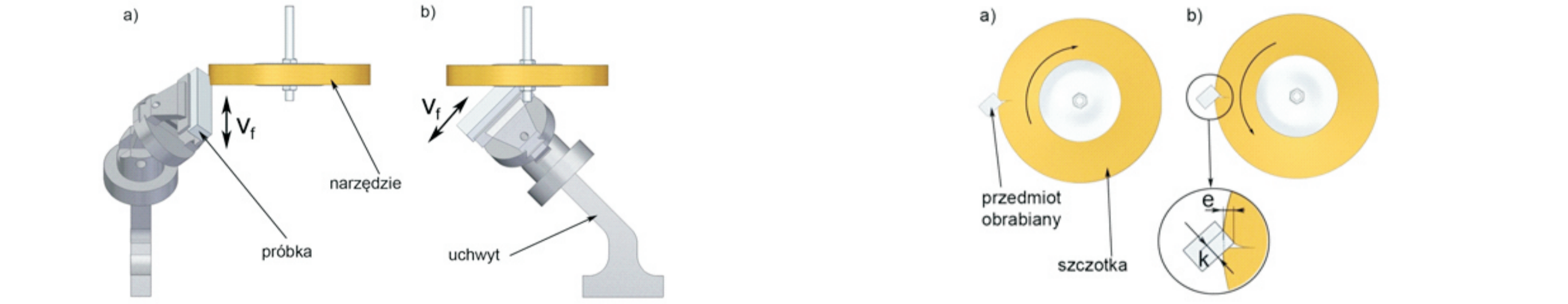
Rys.13. Zależność czasu do zapłonu od sposobu chłodzenia i przekroju warstwy skrawanej
Fig.13. Dependence of the time to ignition of the cooling process and the cross cutting layer



Rys.14. Zależność czasu do zapłonu od rodzaju stopu magnezu
Fig.14. Dependence time to ignition of the magnesium type

WPLYW PARAMETRÓW SZCZOTKOWANIA NA STAN KRAWĘDZI PO SZCZOTKOWANIU STOPU MAGNEZU AZ91HP

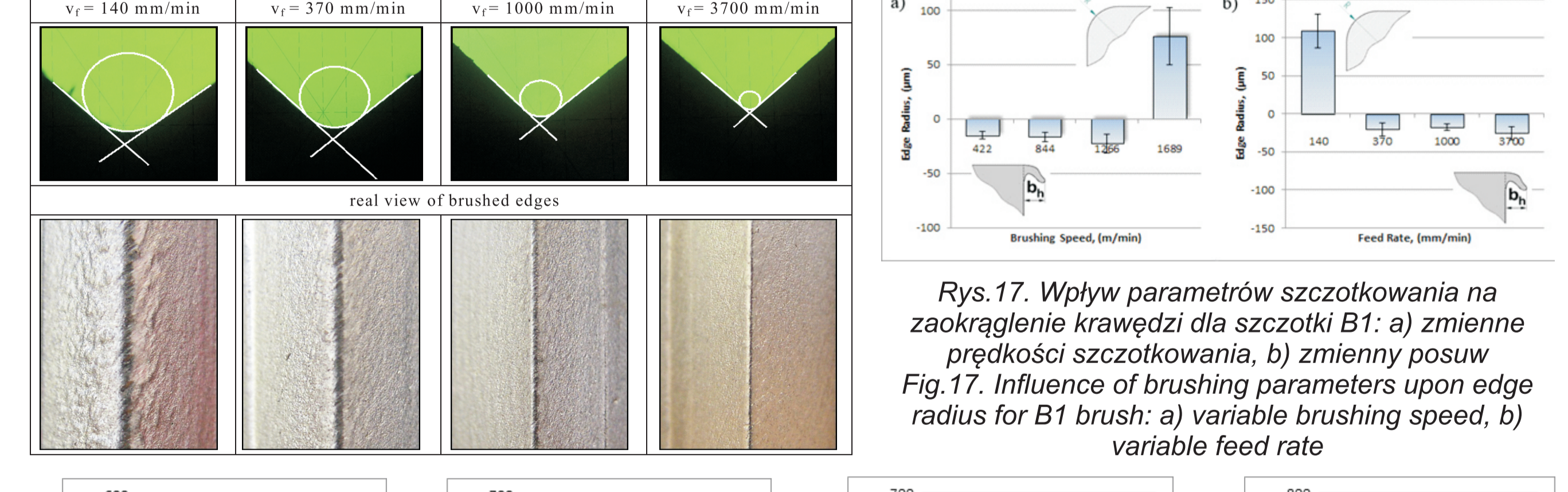
EFFECT OF BRUSHING PARAMETERS UPON EDGE STATES AFTER WIRE BRUSHING OF AZ91 HP MAGNESIUM ALLOY



Rys.15. Orientacja próbki podczas procesu szczotkowania na pionowym centrum FV580a: a) widok z przodu, b) widok boczny
Fig.15. Specimen orientation during brushing on a vertical machining center FV 580a: a) front view, b) side view

Rys.16. Dwukierunkowa realizacja procesu usuwania zadziorów: a) pierwsze przejście - obroty prawe, b) drugie przejście - obroty lewe
Fig.16. Two-way realization of deburring process: a) the first pass right turns b) a second pass - left turns

Tabela 2. Widok repliki i rzeczywistych krawędzi po szczotkowaniu
Table 2. Replica cross sections and real views of rounded edges after brushing

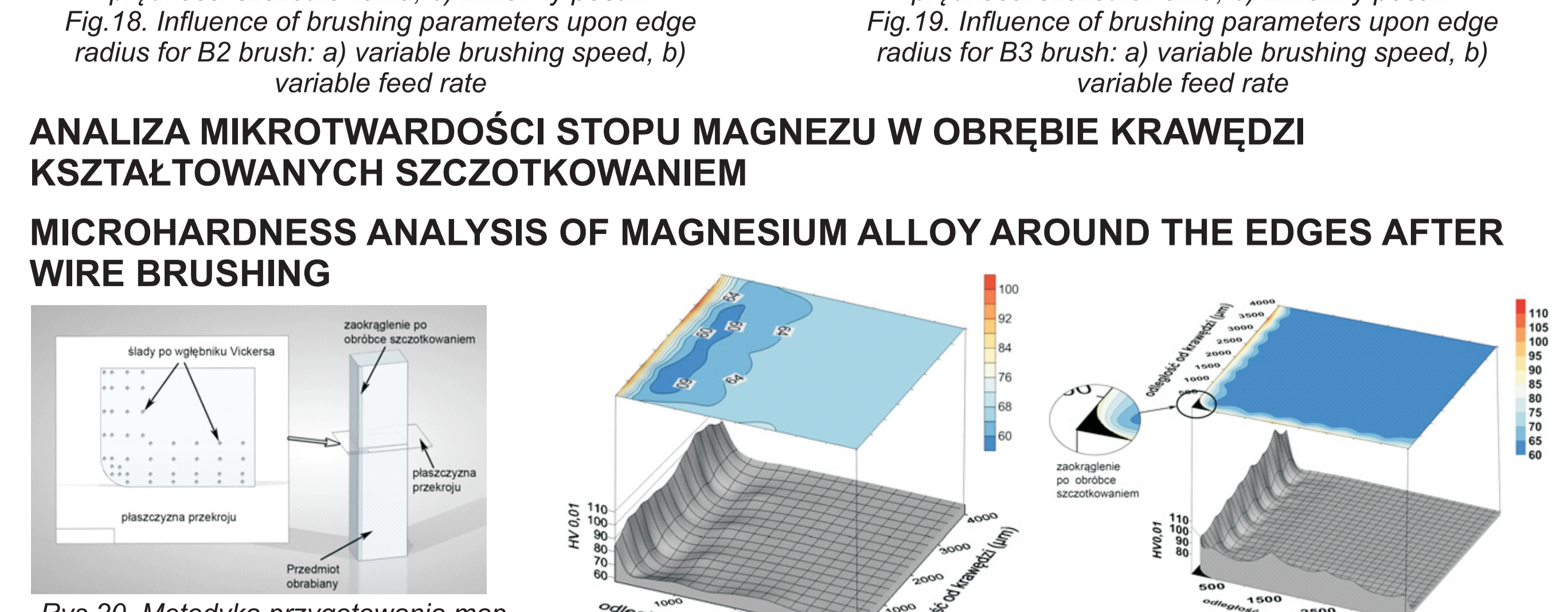


Rys.18. Wpływ parametrów szczotkowania na zaokrąglenie krawędzi dla szczotki B2: a) zmienne prędkości szczotkowania, b) zmienny posuw
Fig.18. Influence of brushing parameters upon edge radius for B2 brush: a) variable brushing speed, b) variable feed rate

Rys.19. Wpływ parametrów szczotkowania na zaokrąglenie krawędzi dla szczotki B3: a) zmienne prędkości szczotkowania, b) zmienny posuw
Fig.19. Influence of brushing parameters upon edge radius for B3 brush: a) variable brushing speed, b) variable feed rate

ANALIZA MIKROTWARDZOŚCI STOPU MAGNEZU W OBRĘBIE KRAWĘDZI KSZTAŁTOWANYCH SZCZOTKOWANIEM

MICROHARDNESS ANALYSIS OF MAGNESIUM ALLOY AROUND THE EDGES AFTER WIRE BRUSHING



Rys.20. Metodyka przygotowania map rozkładu miękkości w obrębie krawędzi po obróbce szczotkowaniem
Fig.20. Methodology of microhardness mapping preparation around the edges after wire brushing

Rys.21. Mapa rozkładu miękkości po obróbce frezowaniem
Fig.21. Distribution map of microhardness after milling

Rys.22. Mapa miękkości po obróbce szczotkowaniem narzędziem B3
Fig.22. Distribution map of microhardness after brushing with the use of B3 brush

Wnioski

Conclusions

- Brak dużych różnic, dla poszczególnych frezów, w wartościach badanych wskaźników skrawalności sprawia, że głównym zjawiskiem przemawiającym na korzyść zastosowania powłok obniżających adhezję, może być podwyższenie trwałości narzędzi.
- Niewielkie różnice badanych wskaźników skrawalności, dla poszczególnych narzędzi, wynikają również z zastosowania intensywnego smarowania, które obniża adhezję na styku narzędzie - materiał obrabiany.
- Przeprowadzone badania zmian sił skrawania w zależności od prędkości vc potwierdziły istnienie granicznej prędkości vcgr, powyżej której zaczyna się zakres dużych prędkości skrawania, odpowiednich dla obróbki HSC.
- Uzyskane doświadczenia praktyczne wskazują, że w przypadku obróbki stopów do przeróbki plastycznej, o małej zawartości składników stopowych, zastosowanie powłok narzędziowych przynosi korzystne efekty w postaci zmniejszenia chropowatości i sił skrawania. Te pozytywne efekty zastosowania frezów powlekanych w stosunku do frezów bez powłok, szczególnie przy zastosowaniu intensywnego smarowania, nie są na tyle istotne aby do obróbki tych stopów nie zalecać stosowania narzędzi niepewlekanych.
- Głównym parametrem charakteryzującym bezpieczeństwo obróbki stopów magnezu jest czas do zapłonu wiórów. Czas ten dla temperatury ok. 500°C, wynosił od kilku do kilkunastu sekund. Rzeczywisty czas procesu formowania się wióra dla przedziału prędkości skrawania vc=(400-1200)m/min, wynosi odpowiednio (0,01+0,001)s. Należy również zauważyć, że czas potrzebny do zapłonu wióra jest dłuższy w przypadku, gdy wartość temperatury jest niższa.
- Badania mikroskopowe wiórków powstających podczas frezowania dla prędkości skrawania vc=1200m/min oraz posuwu fz=0,3mm/ostre wskazują na ostre, wyraźnie zarysowane fragmenty wiórków, nie obserwuje się charakterystycznych nadtopień oraz produktów spalania, wskazujących na niebezpieczny, z punktu widzenia zapłonu obszar obróbki.
- Zastosowane parametry technologiczne pozwalają na prowadzenie bezpiecznej obróbki, ze względu na potrzebny znaczny czas do zapłonu prezentowanych wiórków. Należy jednak unikać zakresu parametrów technologicznych powodujących rozdrobnienie oraz występowanie frakcji pośrednich wiórków.
- Ze spadkiem prędkości posuwu rośnie promień zaokrąglenia, co jest spowodowane wydłużonym czasem kontaktu szczotki ze szczotkowaną krawędzią.
- Obróbka szczotkowaniem w istotnym stopniu zwiększa miękkość w obrębie krawędzi w stosunku do miękkości wyjściowej uzyskanej poprzez wyżarzanie.

- There are no large differences the values ??of the indicators examined machinability, for each cutters, makes the main phenomena in favor of coatings applications reducing the adhesion of it, it may be increase in tool life.
- Small differences machinability indicators examined for each tool, also result from the use of intensive lubrication, which reduces the adhesion at the interface of the tool - workpiece.
- The research of changes of cutting forces depending on the speed vc confirmed the existence of vcgr speed limit above which the range begins high-speed cutting, suitable for HSC.
- The resulting practical experience shows that in the case machining wrought alloys with low alloy content, use of a coating tool brings beneficial effects of reducing the surface roughness and of cutting forces. The positive effects of the use of coated cutters for cutters without coating, especially when using intensive lubrication, are not so essential to for working of these alloys do not recommend the use of uncoated tools.
- The main parameter determining safety of magnesium alloy machining is time to ignition. For approximately 500 °C, the time equal to the amount of a couple seconds to a dozen or so. The real time needed for chip formation with cutting velocity range equaling vc=(400+1200) m/min, amounts to (0.01+0.001) s respectively. It seems worth noticing that time to chip ignition is longer for lower temperatures.
- Microscopic analysis of chips formed with cutting velocity equal to vc=1200 m/min and feed per tooth equal to fz=0.3mm/tooth indicate sharp, well defined edges with no partial melting or burn marks, which might manifest potential ignition during machining with those parameters.
- The applied technological parameters allow safe machining, as they ensure a considerable time necessary for the presented chips to ignite. Nevertheless, avoiding technological parameters which induce chip refining as well as occurrence of intermediate chip fractions is advised.
- The edge radius increases with the decrease of feed rate, which is due to the longer contact time with the brushed edge.
- Brushing treatment significantly increases the microhardness around the edge in relation to the initial microhardness obtained by annealing.

Przykłady zastosowania w lotnictwie

Examples of application in aviation

- Elementy konstrukcji wykonane ze stopów Al.
- Elementy konstrukcji wykonane ze stopów Mg.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

Collaboration with aviation industry

W pierwszym półroczu 2013 roku współpracowano z zakładami:

- WSK "PZL-RZESZÓW" S. A.
- PZL Mielec.

Wskaźniki realizacji celów projektu

Indicators of the project

Lista referatów oraz publikacji w ramach wprowadzonych danych jest dostępna na stronie PKAERO.

Publikacje

- Kość M., Klonica M., Zagórski I.: **Badania odporności na zapłon wiórków, różnych stopów Mg przy zmiennych parametrach technologicznych frezowania.** Postęp w technikach wytwarzania i konstrukcji maszyn - Wybrane zagadnienia problemowe, Monografia 2013, str. 118-130
- Pałka T., Zaleski K.: **Chropowatość powierzchni stopu aluminium po frezowaniu z minimalnym smarowaniem.** Politechnika Lubelska, Innowacyjne procesy wytwórcze, Monografia pod redakcją naukową: Antoni Świć, Wiktor Taranenko, Lublin 2013, ISBN: 978-83-63569-44-0, s.87-96
- Zaleski K., Matuszak J.: **Badania porównawcze obróbki krawędzi przedmiotów ze stopu aluminium 7075 i stali C45 metodą szczotkowania.** Technologia i Automatyka Montażu 2/2013, s. 35-39
- Zagórski I., Kuczmazewski J.: **Metody pomiaru temperatury podczas frezowania stopów magnezu.** 14th International Scientific Conference "Automation in Production Planning and Manufacturing", Żilina - Turcianske Teplice 2013, s. 208-212

Prace mgr, dr, hab.

- Prace inżynierskie obronione:
- Waszczyk Kamil: **Wpływ sposobów podawania mgły olejowej w procesie frezowania stopu magnezu na moment skrawania i chropowatość obrabianej powierzchni.** Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
 - Wiejak Rafał: **Wpływ rodzaju włókna szczotki na naprężenia własne w warstwie wierzchniej stopu aluminium po obróbce szczotkowaniem.** Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof.
 - PLMarkowski Łukasz: **Wpływ minimalnego smarowania w procesie frezowania stopu aluminium moment skrawania i chropowatość obrabianej powierzchni.** Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
 - Kowalczyk Katarzyna: **Wpływ rodzaju włókna szczotki na miękkość warstwy wierzchniej stopów aluminium po obróbce szczotkowaniem.** Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
- Prace magisterskie obronione:
- Krzyżniak Sylwia: **Analiza porównawcza dokładności geometrycznej cienkościennych ścianek otwartych z zastosowaniem różnej strategii obróbki.** Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski
 - Węglarz Karolina: **Analiza dokładności geometrycznej cienkościennych ścianek zamkniętych po obróbce z różnymi głębokościami skrawania.** Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski
 - Cholewa Jarosław: **Opracowanie konstrukcji i technologii wybranego, cienkościennego elementu lotniczego.** Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski
 - Gomola Paweł: **Proces technologiczny w warunkach HSM wybranej cienkościennych konstrukcji kieszonowej.** Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski

Zgłoszenia patentowe

Zaleski K., Matuszak J.: Sposób i urządzenie do oceny skrawalności materiałów. Wniosek o udzielenie patentu na wynalazek. Zgłoszenie nr P.404104 z dnia 27.05.2013.