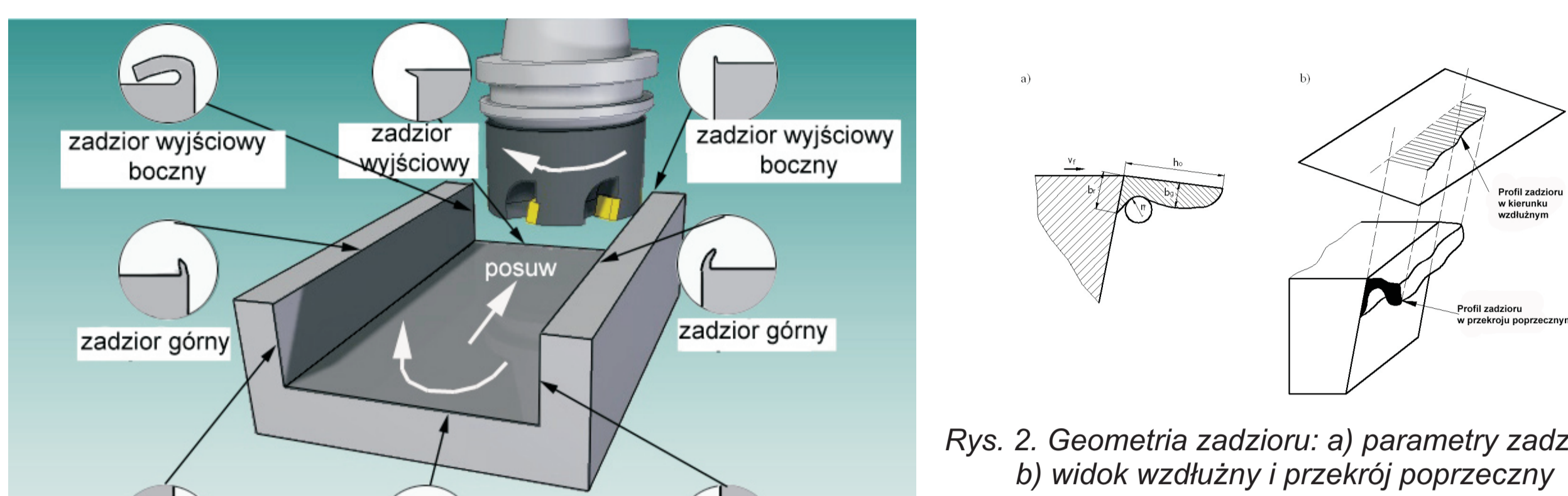


## Nowoczesna obróbka mechaniczna stopów magnezu i aluminium

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

### Wyniki badań

#### Mechanizm powstawania zadziorów po obróbce frezowaniem

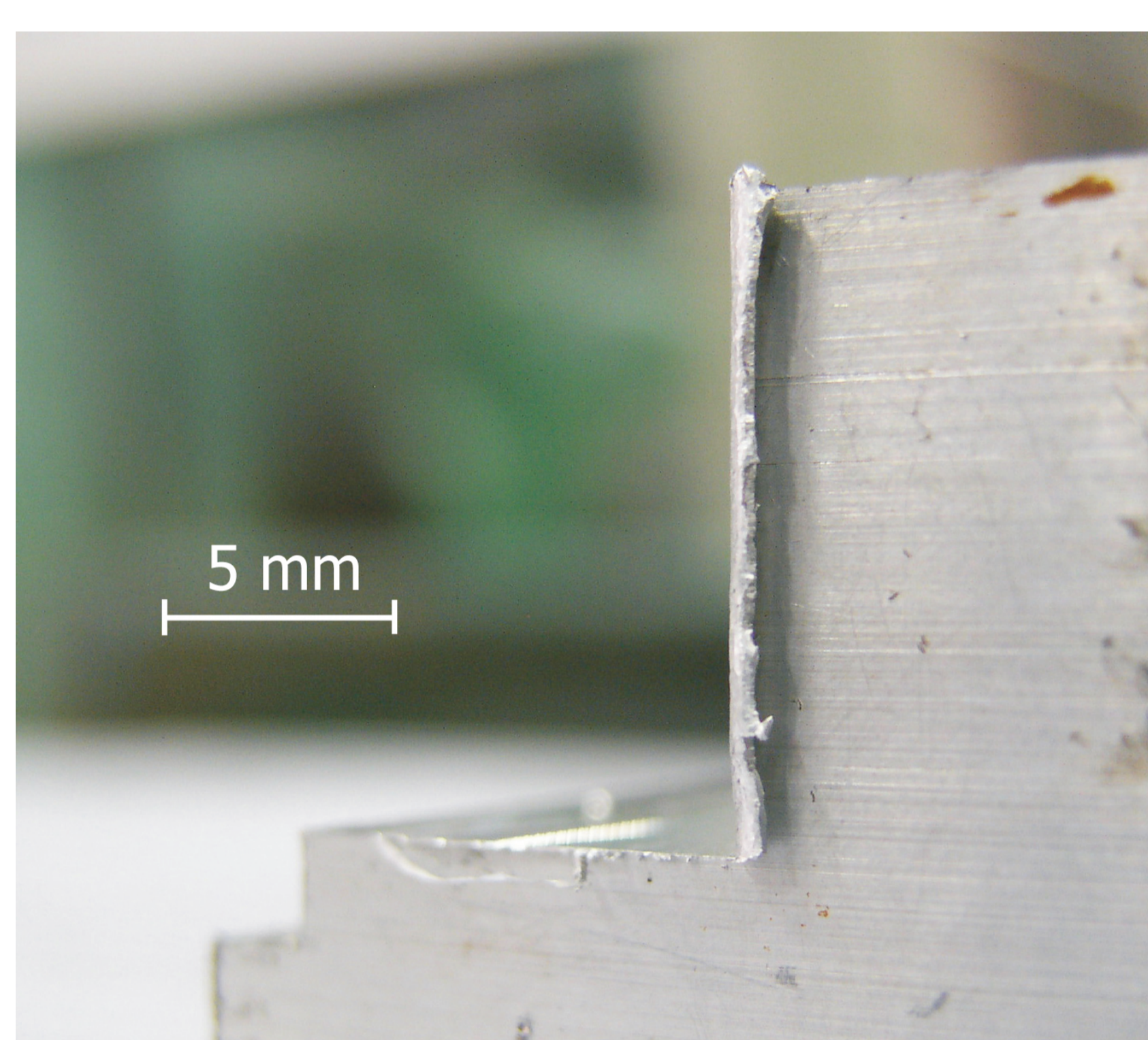


Rys. 2. Geometria zadzioru: a) parametry zadzioru, b) widok wzdłużny i przekrój poprzeczny

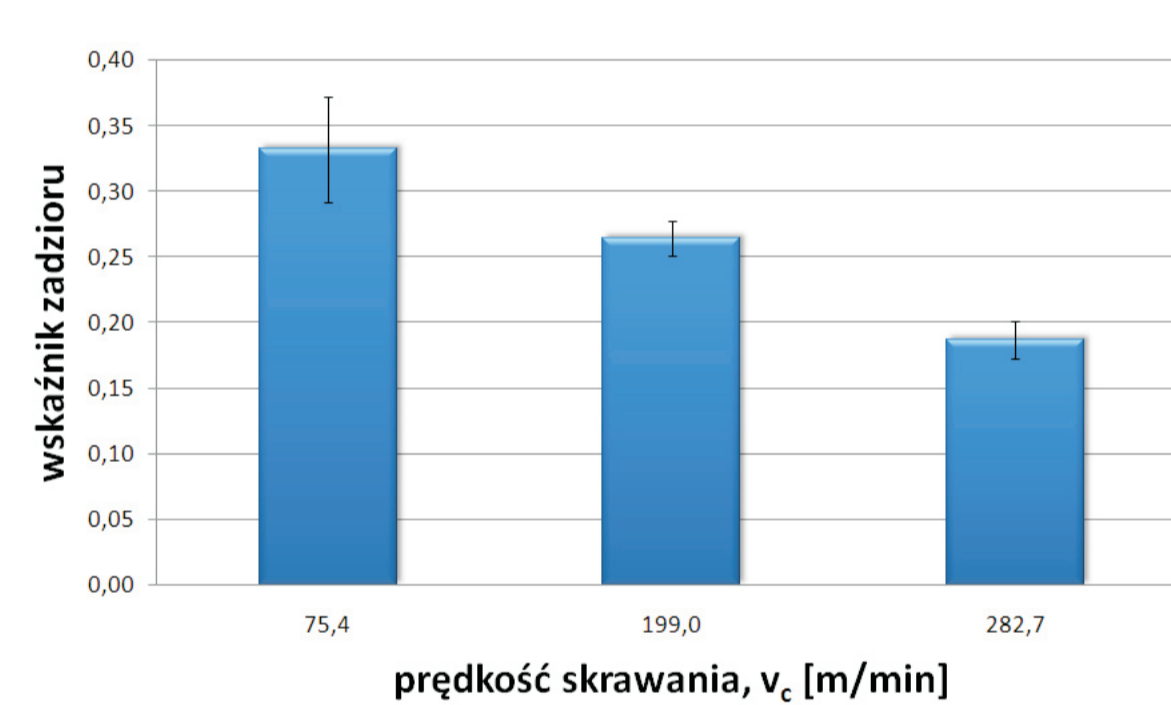
$$g = \frac{4 \cdot b_r + 2 \cdot r_f + b_g + h_o}{8}$$

Rys. 3. Wskaźnik zadzioru

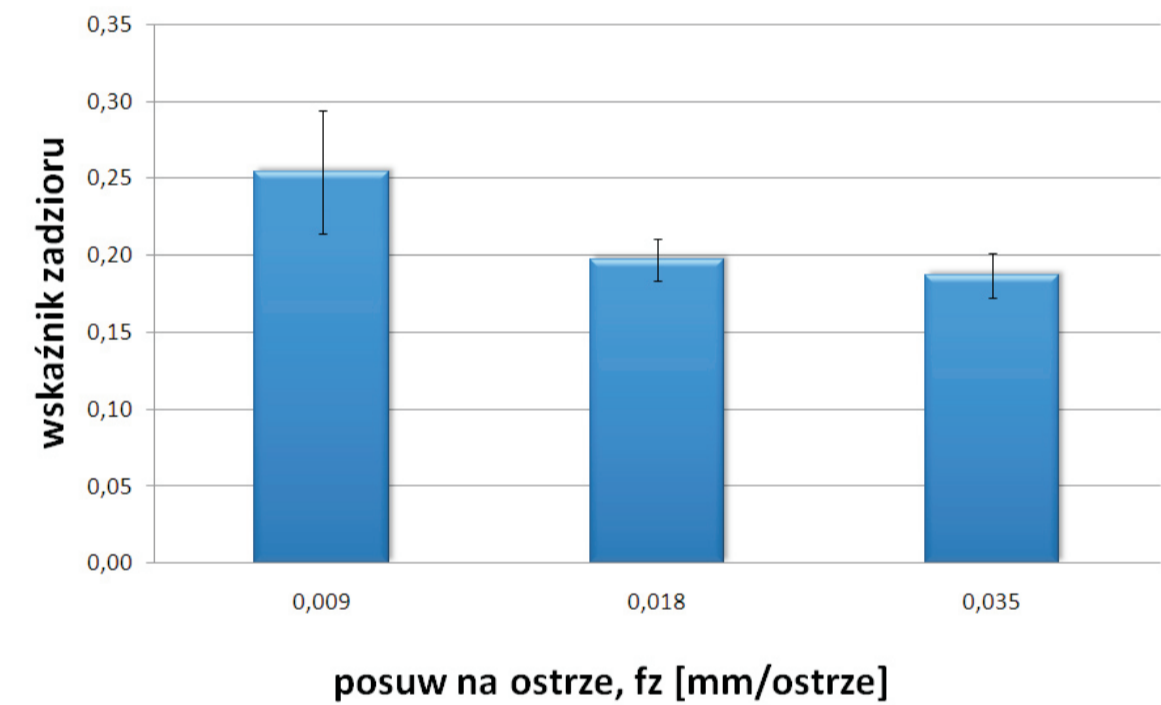
Rys. 1. Typy zadziorów powstających podczas frezowania czółowego



Rys. 4. Typowy zadziór wyjściowy powstający podczas frezowania stopu magnezu AZ91HP

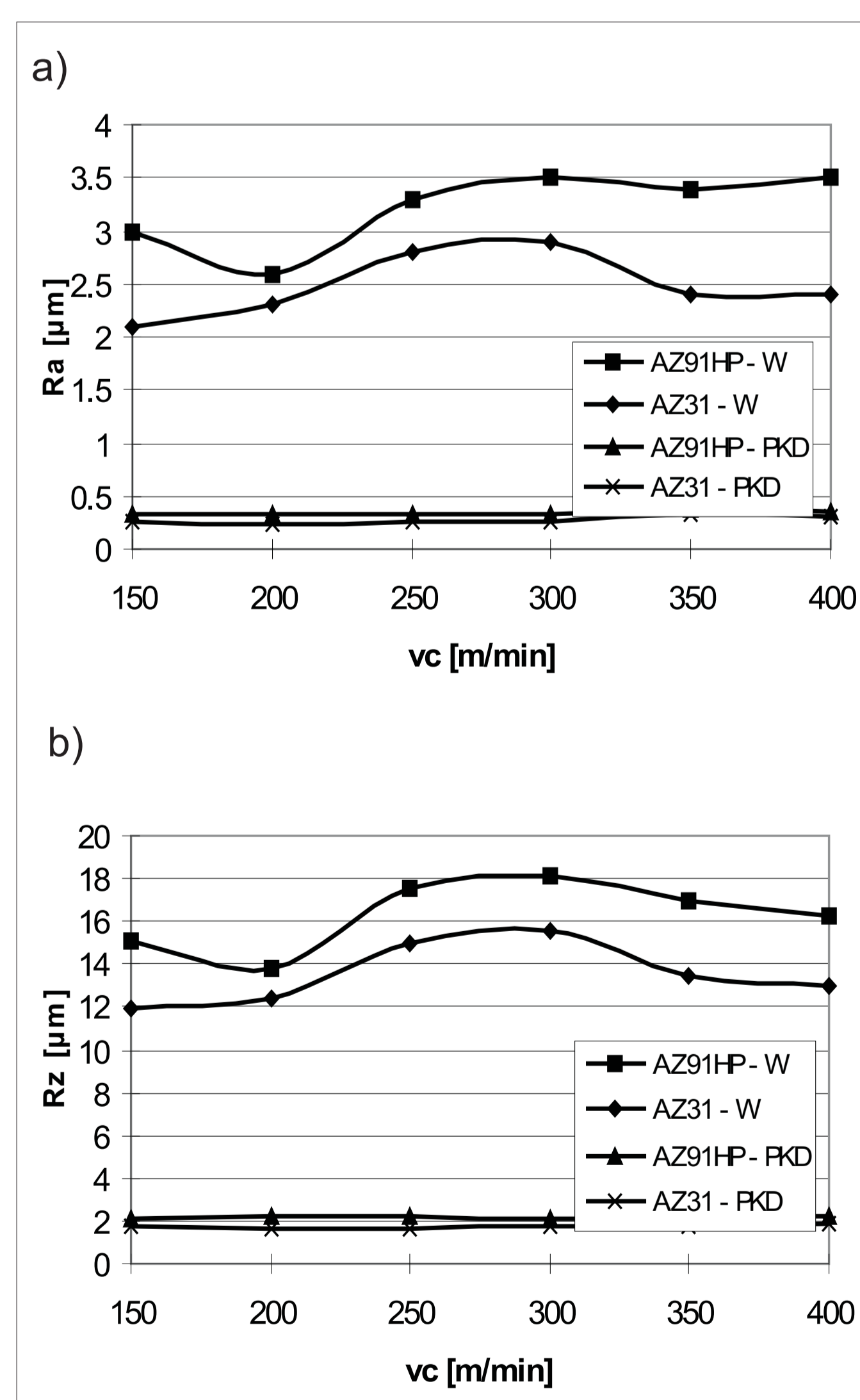


Rys. 5. Wpływ prędkości skrawania na wielkość wskaźnika zadzioru przy frezowaniu stopu magnezu AZ91HP

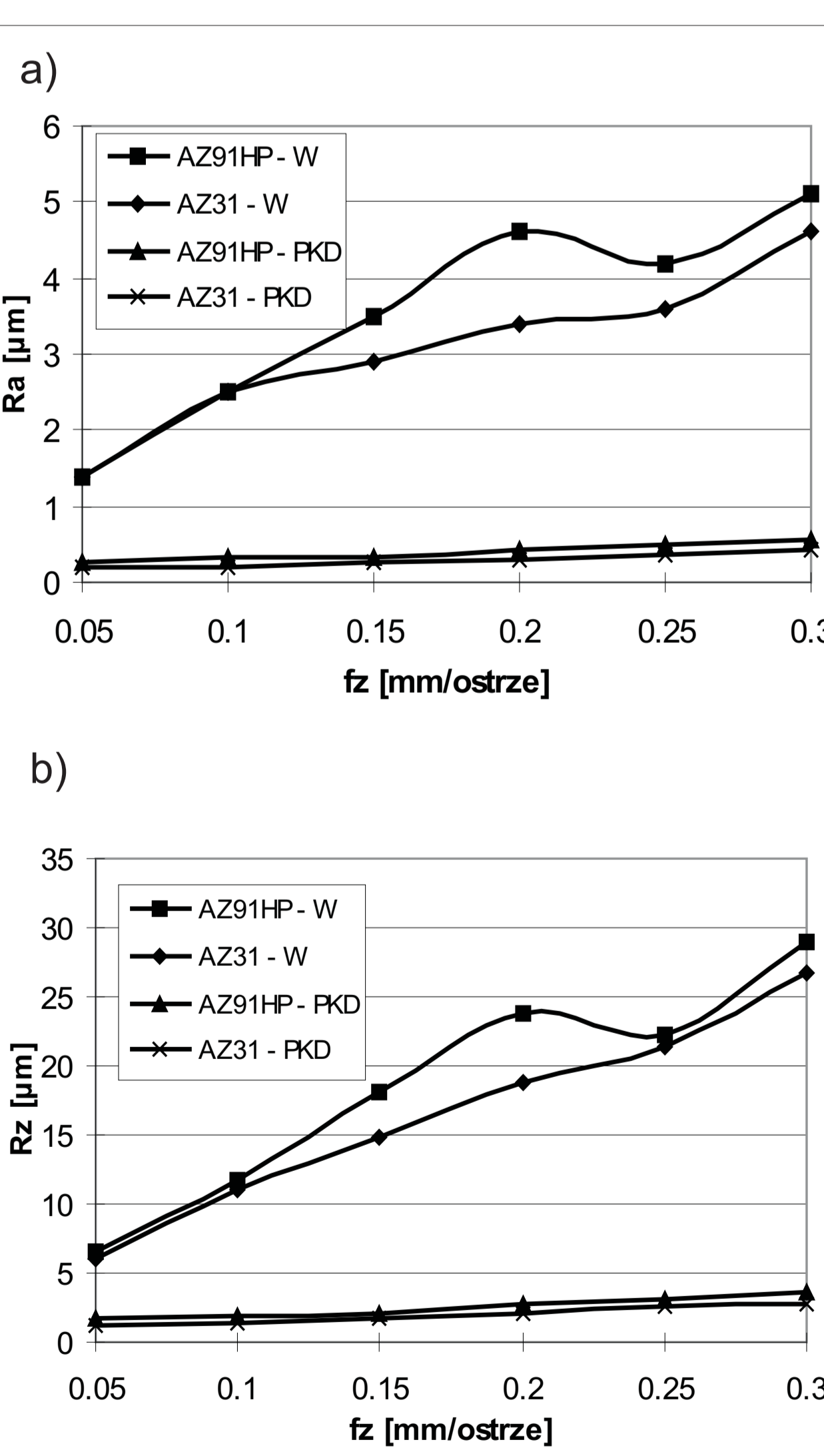


Rys. 6. Wpływ posuwu na ostrze na wielkość wskaźnika zadzioru przy frezowaniu stopu magnezu AZ91HP

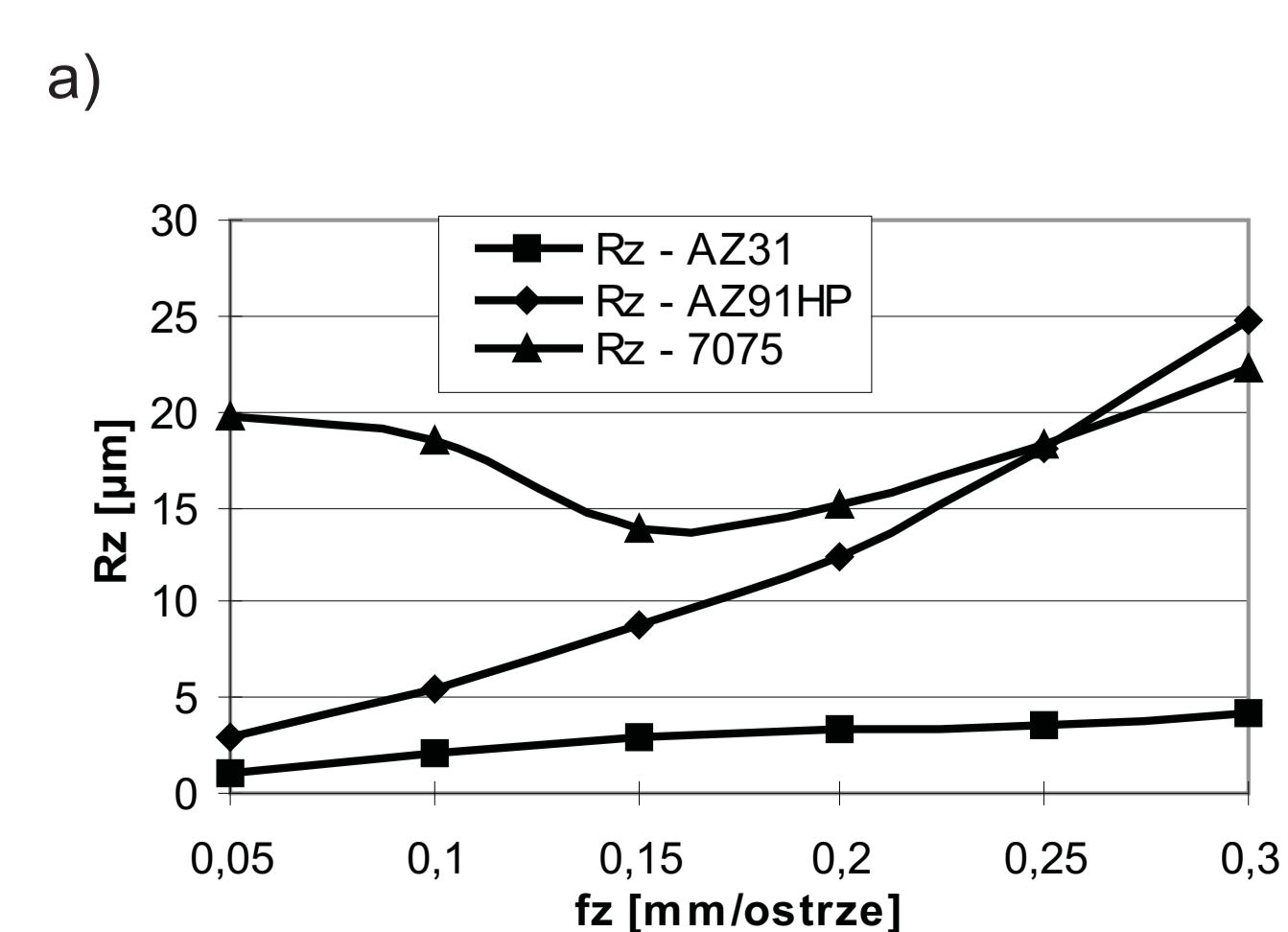
#### Wpływ parametrów technologicznych na wartość wybranych wskaźników skrawalności lotniczych stopów Al oraz Mg



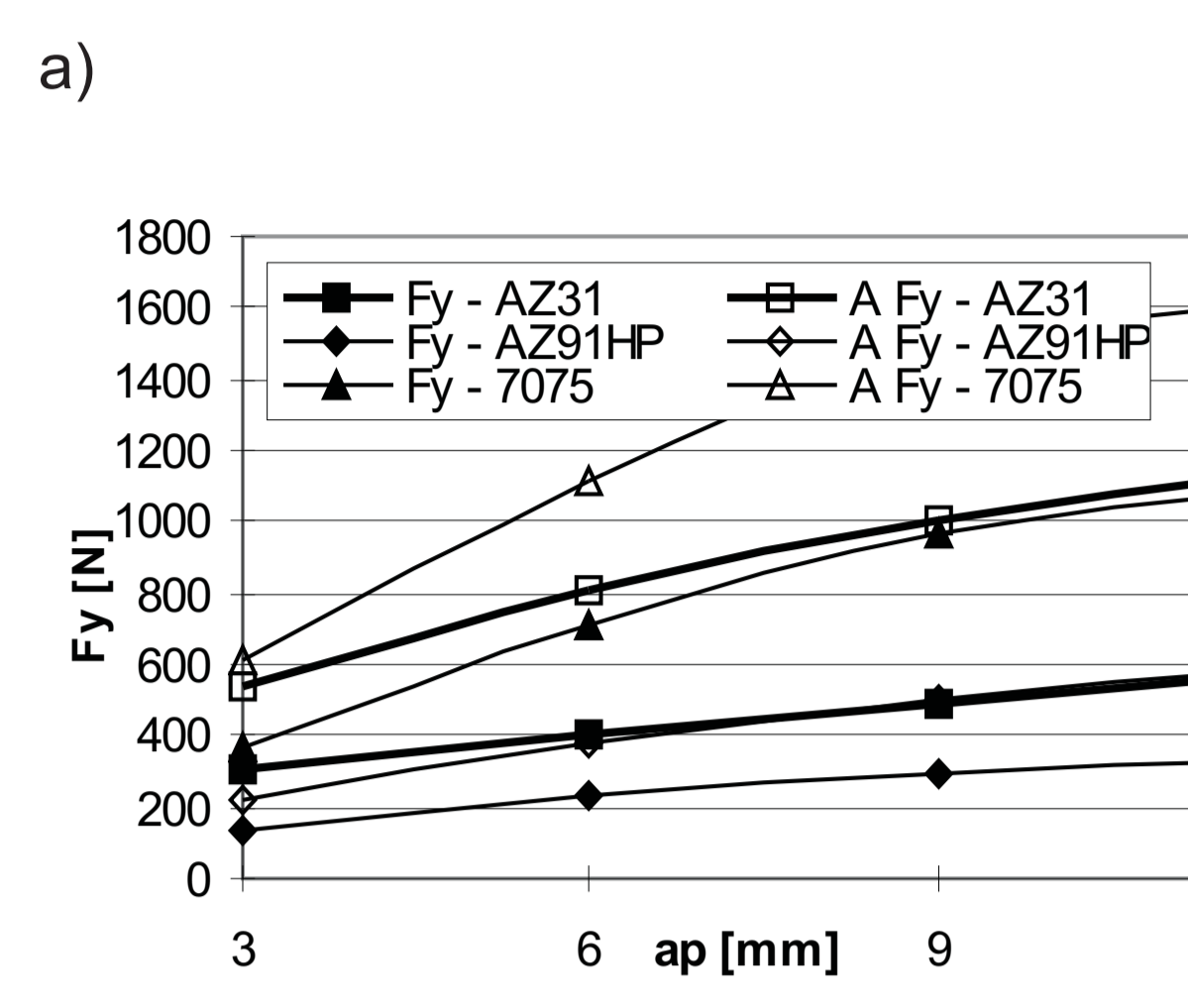
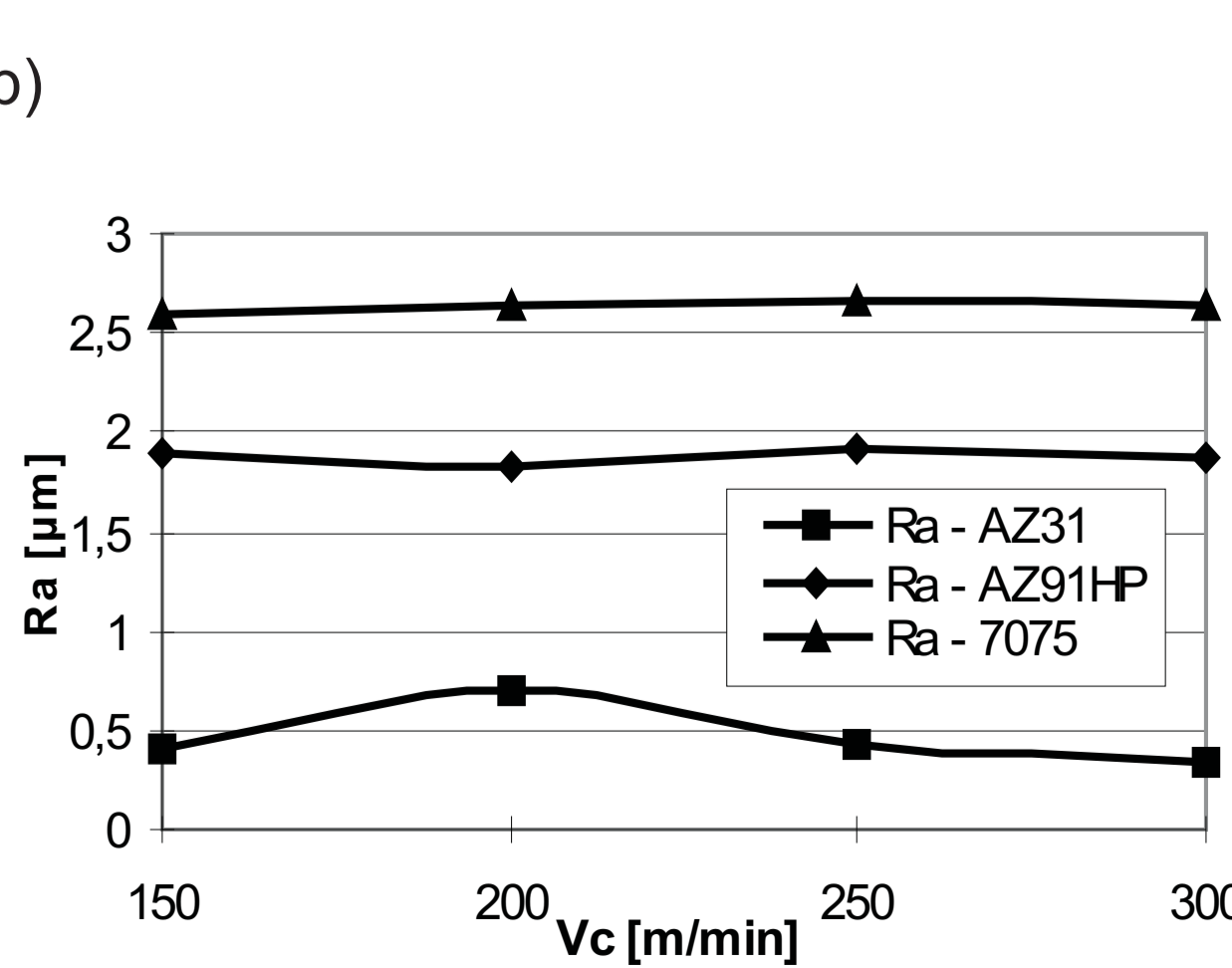
Rys. 7. Wpływ prędkości skrawania  $v_c$  na wartość parametrów chropowatości: a) parametr Ra, b) parametr Rz;  $f_z=0,15\text{mm/strze}$ ,  $a_p=6\text{mm}$



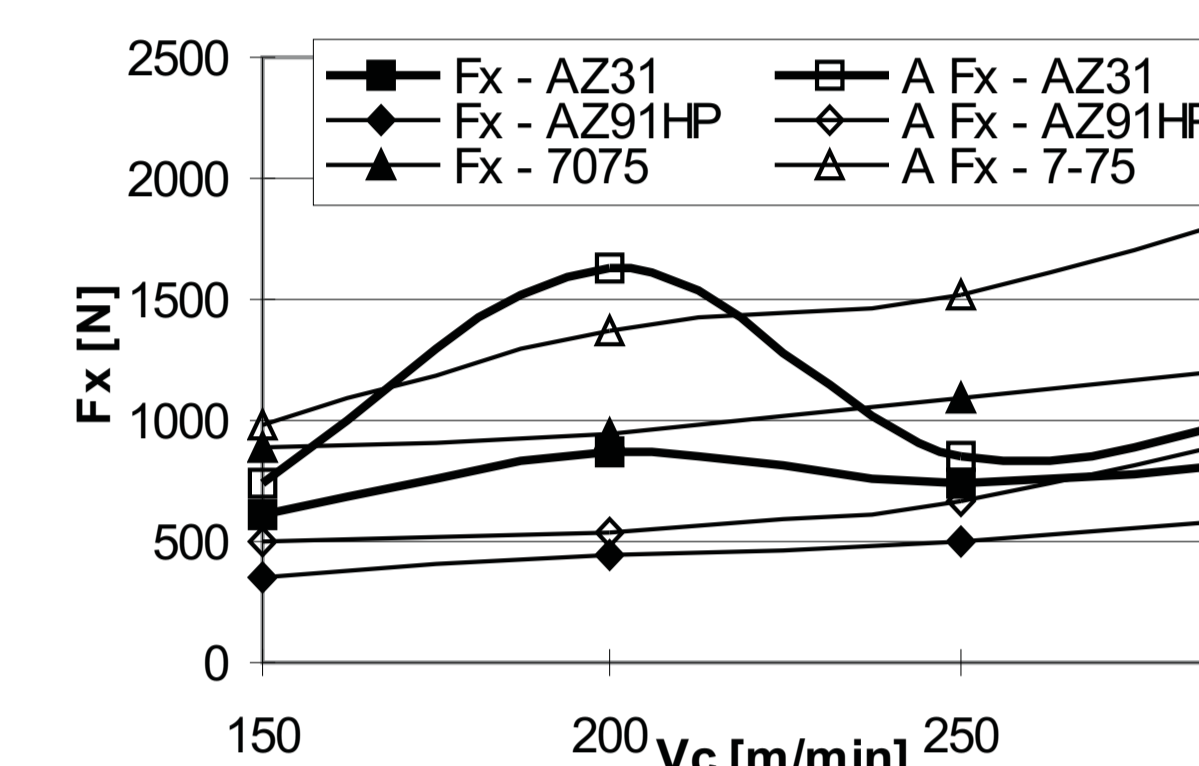
Rys. 8. Wpływ posuwu na ostrze  $f_z$  na wartość parametrów chropowatości: a) parametr Ra, b) parametr Rz;  $v_c=300\text{m/min}$ ,  $a_p=6\text{mm}$



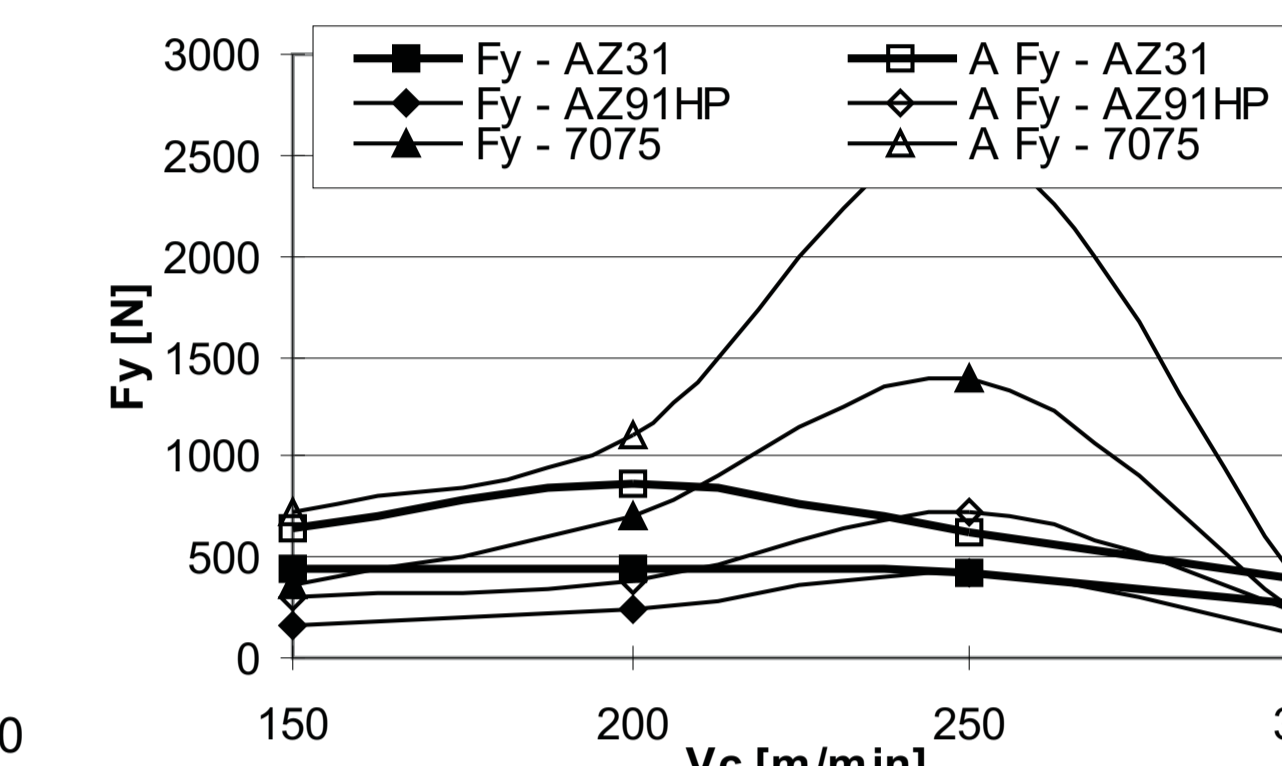
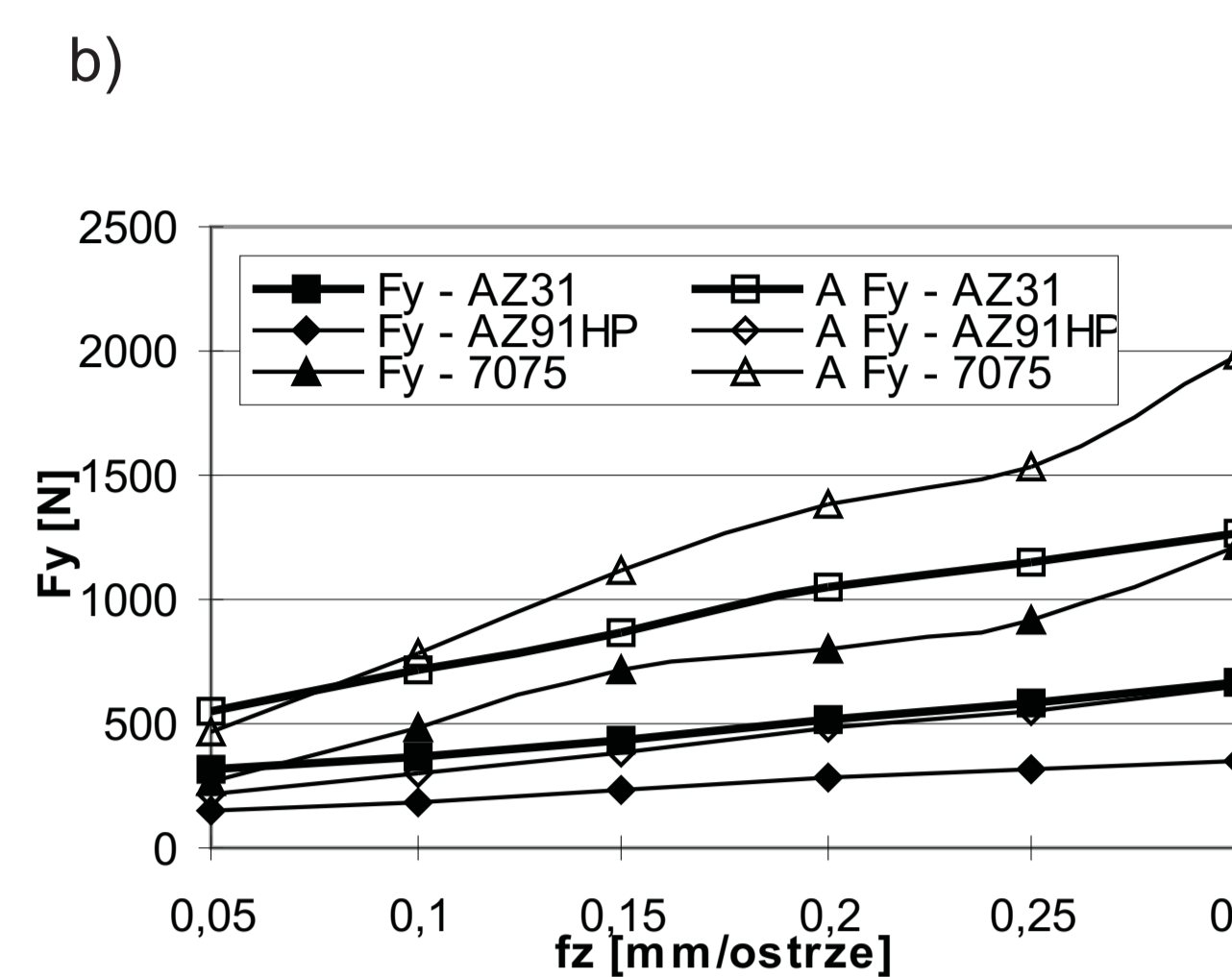
Rys. 9. Wpływ parametrów technologicznych na chropowatość powierzchni: a) wpływ posuwu na ostrze  $f_z$  na parametr Rz;  $v_c=200\text{m/min}$ ,  $a_p=6\text{mm}$ ; b) wpływ prędkości skrawania  $v_c$  na parametr Ra;  $f_z=0,15\text{mm/strze}$ ,  $a_p=6\text{mm}$



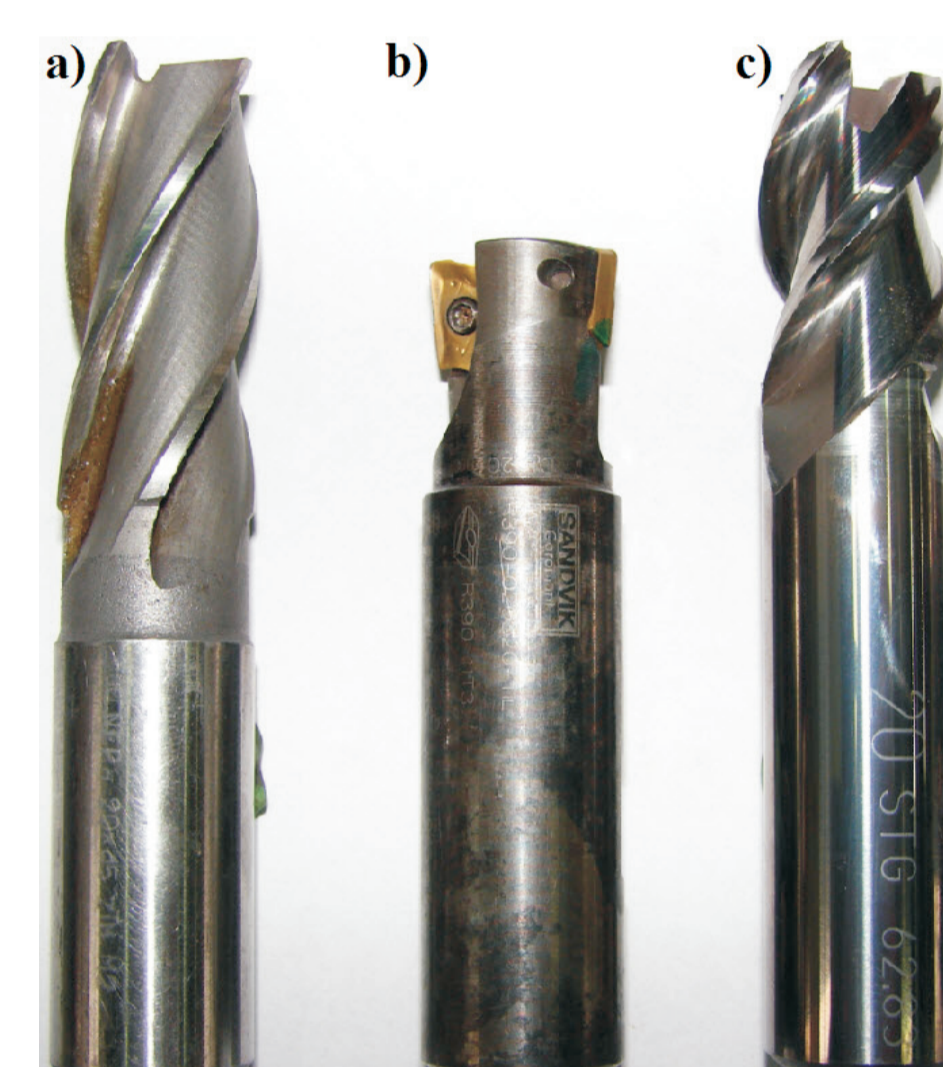
Rys. 10. Wpływ parametrów technologicznych na siły skrawania oraz ich amplitudy: a) głębokości skrawania  $a_p$  na składową  $F_y$ ;  $v_c=200\text{m/min}$ ,  $f_z=0,15\text{mm/strze}$ ; b) posuwu na ostrze  $f_z$  na składową  $F_y$ ;  $v_c=200\text{m/min}$ ,  $a_p=6\text{mm}$



Rys. 11. Wpływ prędkości skrawania  $v_c$  na siły skrawania oraz ich amplitudy: a) wpływ na składową  $F_x$ ; b) wpływ na składową  $F_y$ ;  $f_z=0,15\text{mm/strze}$ ,  $a_p=6\text{mm}$



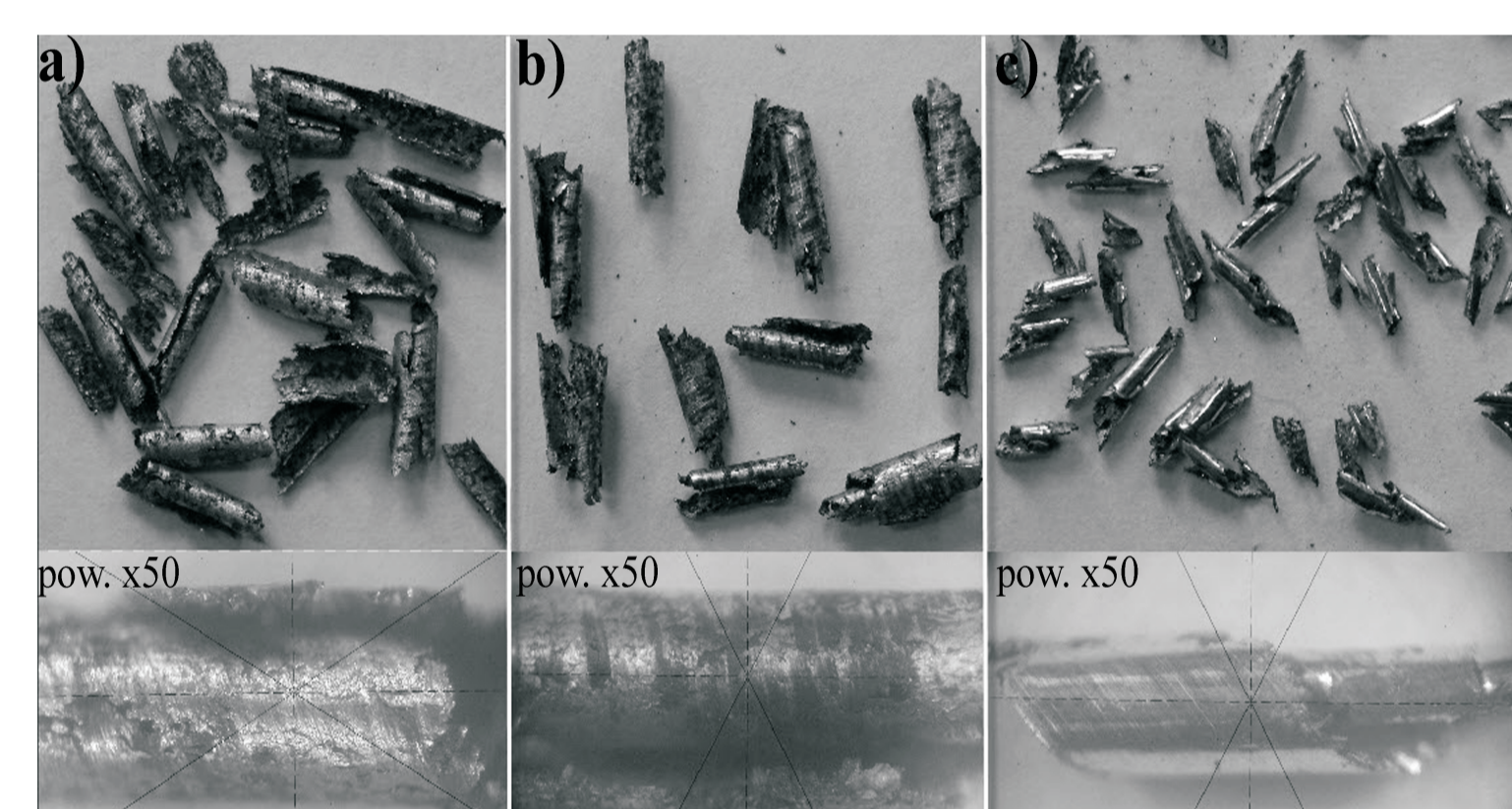
#### Badania porównawcze metod frezowania HSC, HPC oraz frezowania konwencjonalnego wysoko krzemowych stopów Al



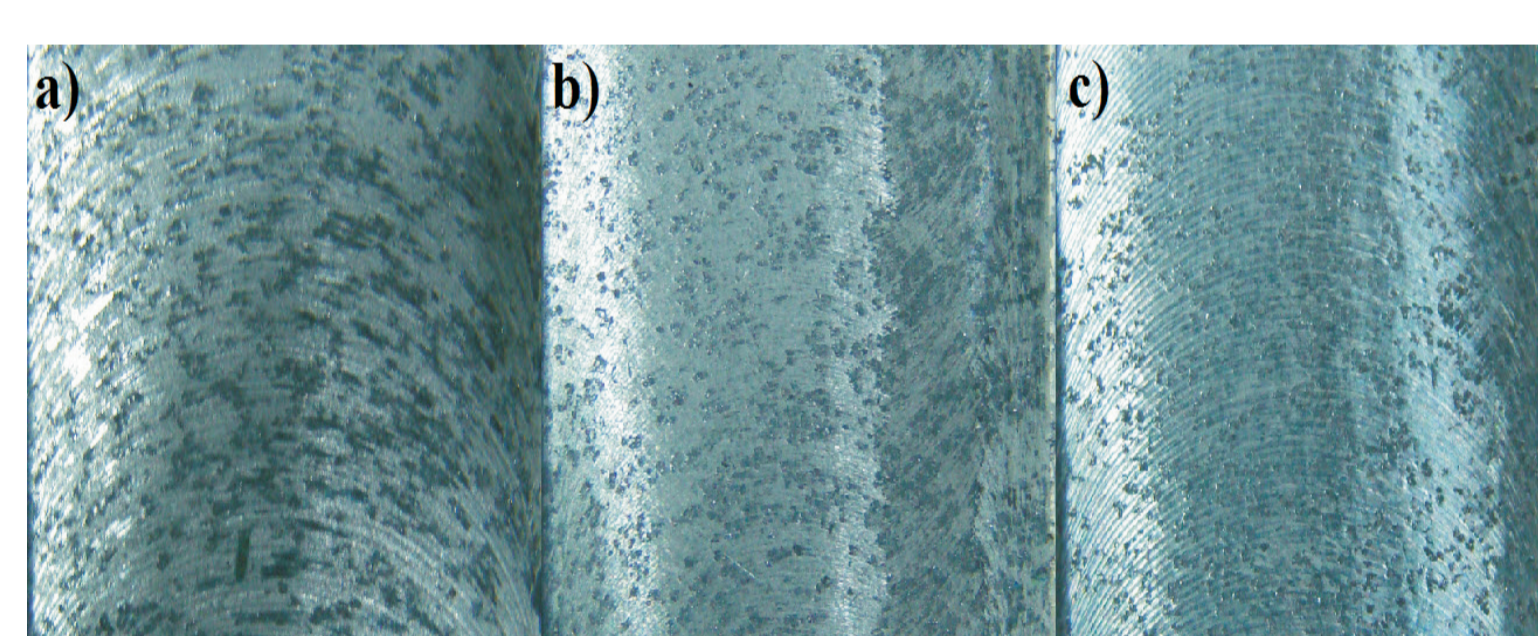
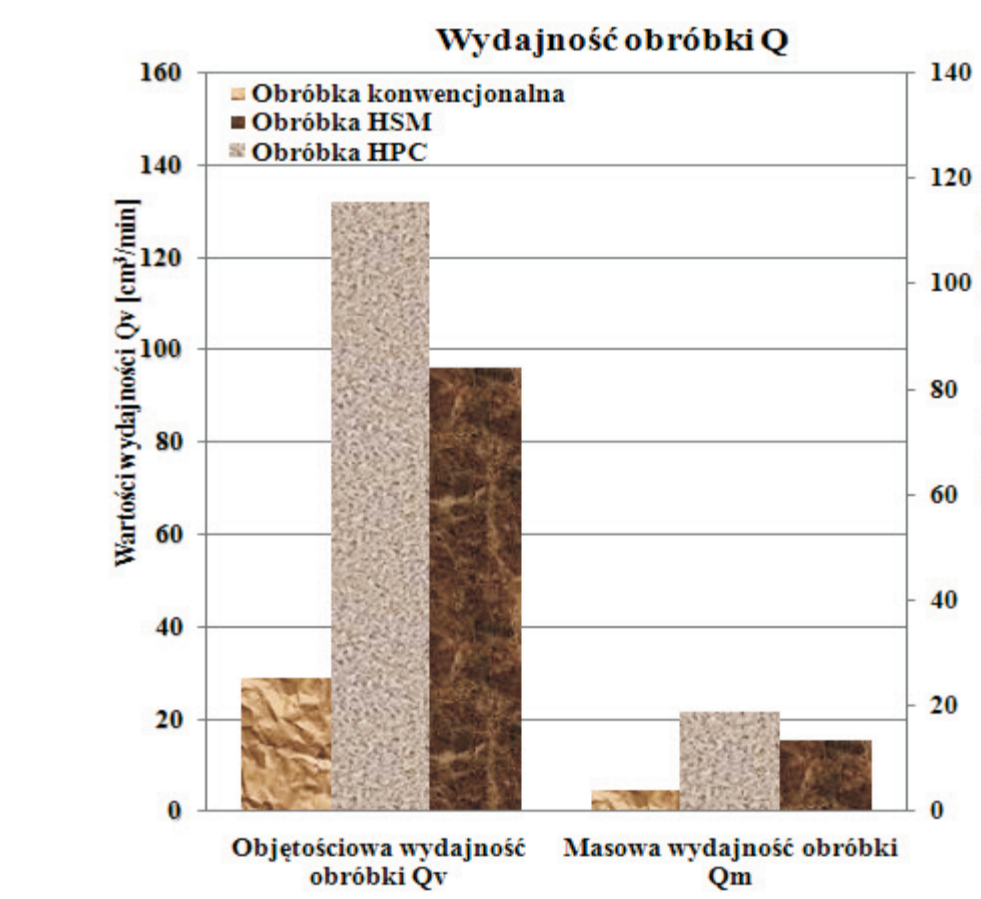
Rys. 12. Narzędzia zastosowane do obróbki: a) konwencjonalnej, b) HPC, c) HSC

Rodzaj narzędzia	Frez trzpieniowy wałowo-czołowy	Frez składany, trzpieniowy wałowo-czołowy	Frez pełnowęglkowy, trzpieniowy wałowo-czołowy, bez pokrycia
Oznaczenie narzędzia	NFPA f 20	R390-020R20-11L	E5423700
Materiał części roboczej	HSS	R390-11 T308E-ML	H10F
Łość ostrzy z	4	2	3
Prędkość skrawania $v_c$	75 m/min	300 m/min	500 m/min
Prędkość obrotowa $n$	1194 obr/min	4777 obr/min	7962 obr/min
Posuw na ostrze $f_z$	0,05 mm/strze	0,1 mm/strze	0,1 mm/strze
Prędkość posuwu $v_f$	240 mm/min	960 mm/min	2400 mm/min
Głębokość skrawania $a_p$	6 mm	6 mm	2 mm
Szerokość frezowania $a_e$	20 mm	20 mm	20 mm

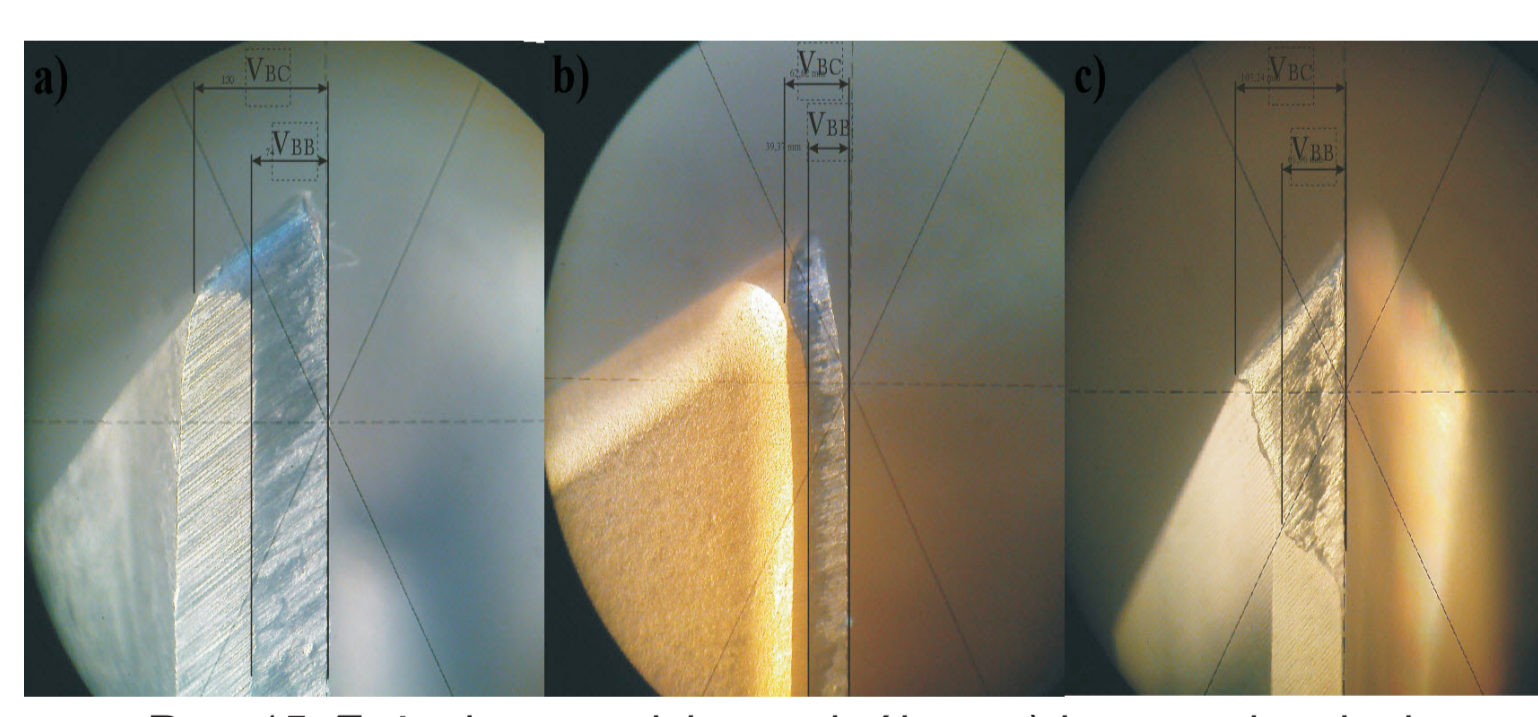
Rys. 13. Kształt wiórów dla obróbki: a) konwencjonalnej, b) HPC, c) HSC



Rys. 13. Kształt wiórów dla obróbki: a) konwencjonalnej, b) HPC, c) HSC

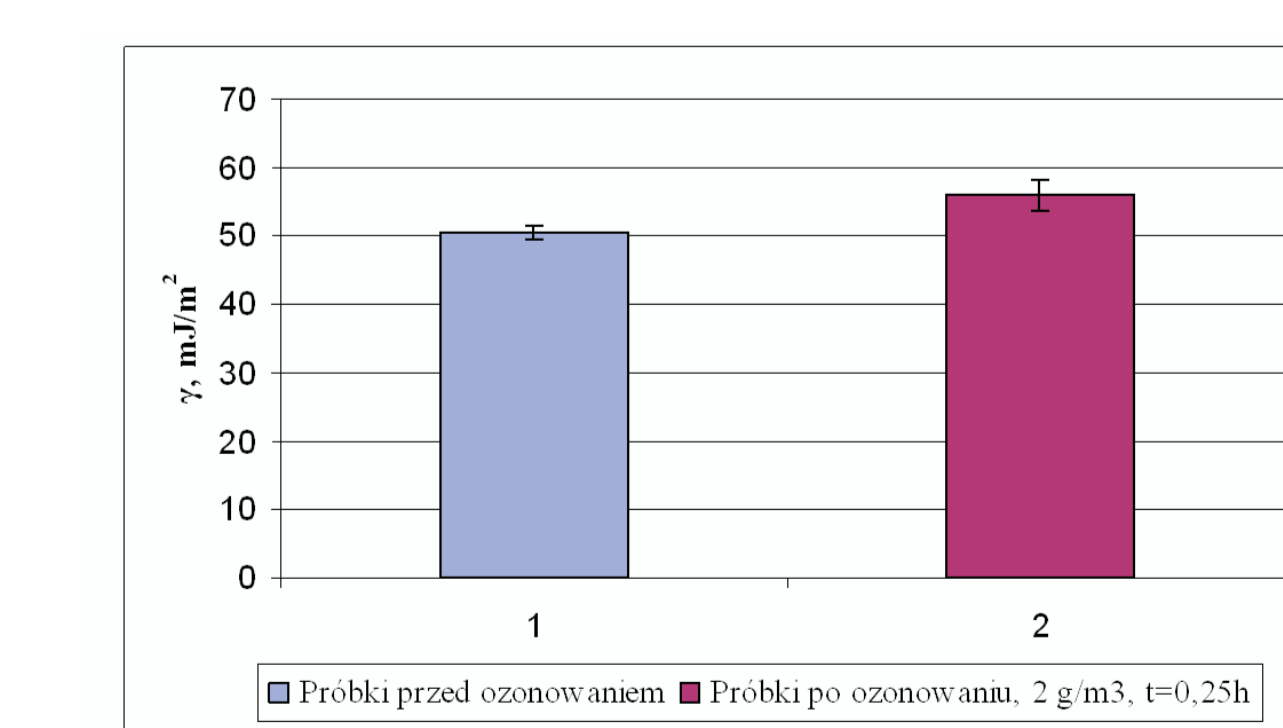


Rys. 14. Powierzchnia dna rowka po obróbce: a) konwencjonalnej, b) HPC, c) HSC

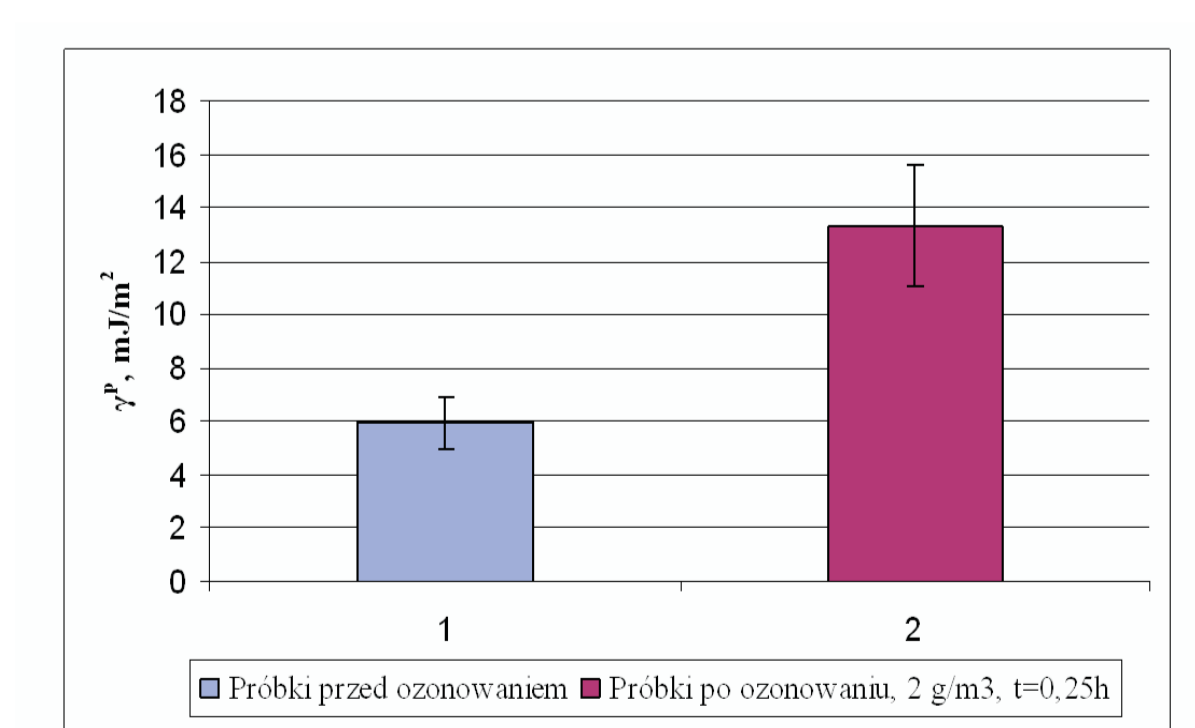


Rys. 15. Zużycie narzędzia po obróbce: a) konwencjonalnej, b) HPC, c) HSC

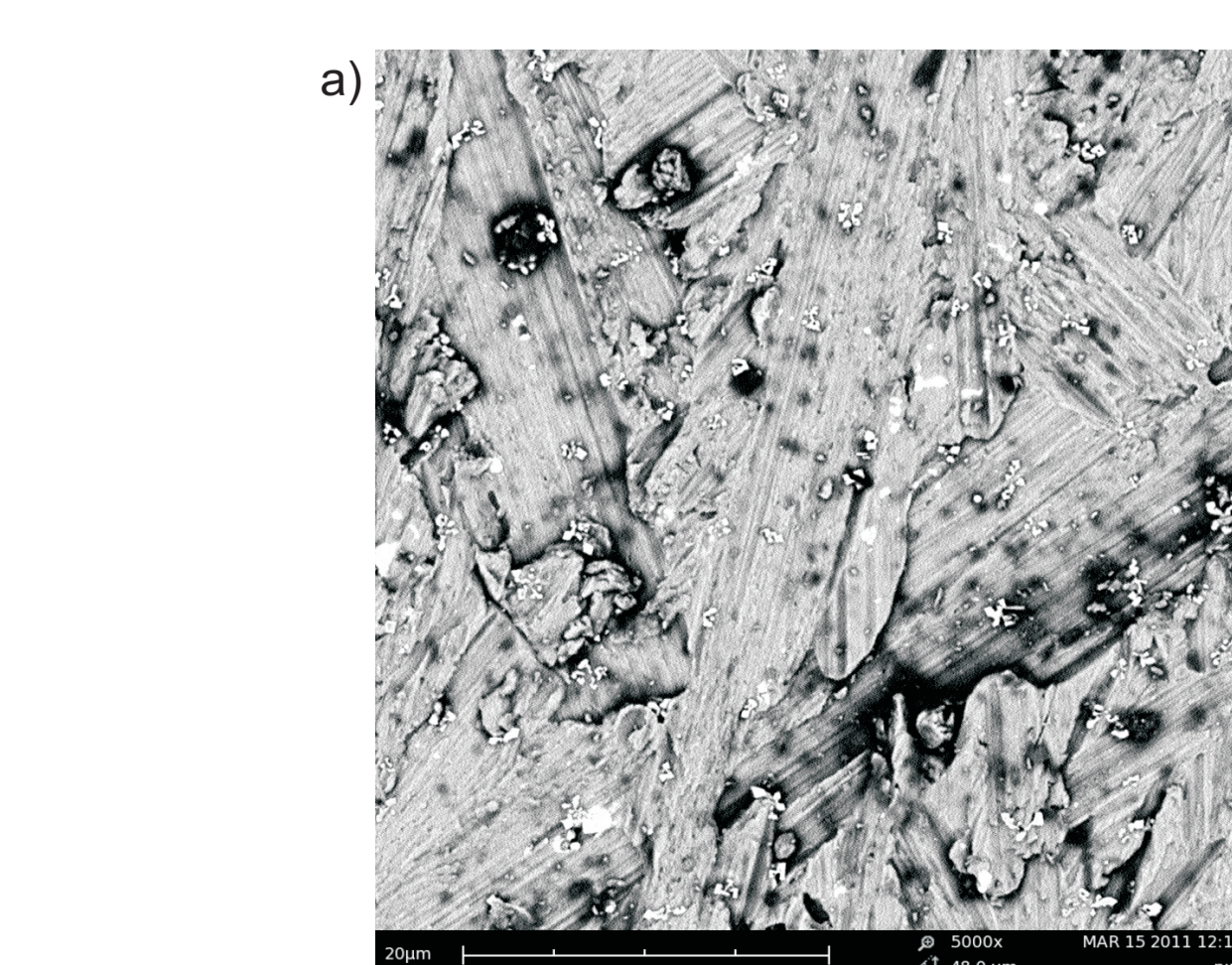
#### Modyfikacja warstwy wierzchniej stopu aluminium w atmosferze ozonu



Rys. 16. Wpływ ozonu na wartość swobodnej energii powierzchniowej stopu aluminium EN-AW-2017A



Rys. 17. Wartości składowej polarniej swobodnej energii powierzchniowej stopu aluminium EN-AW-2017A

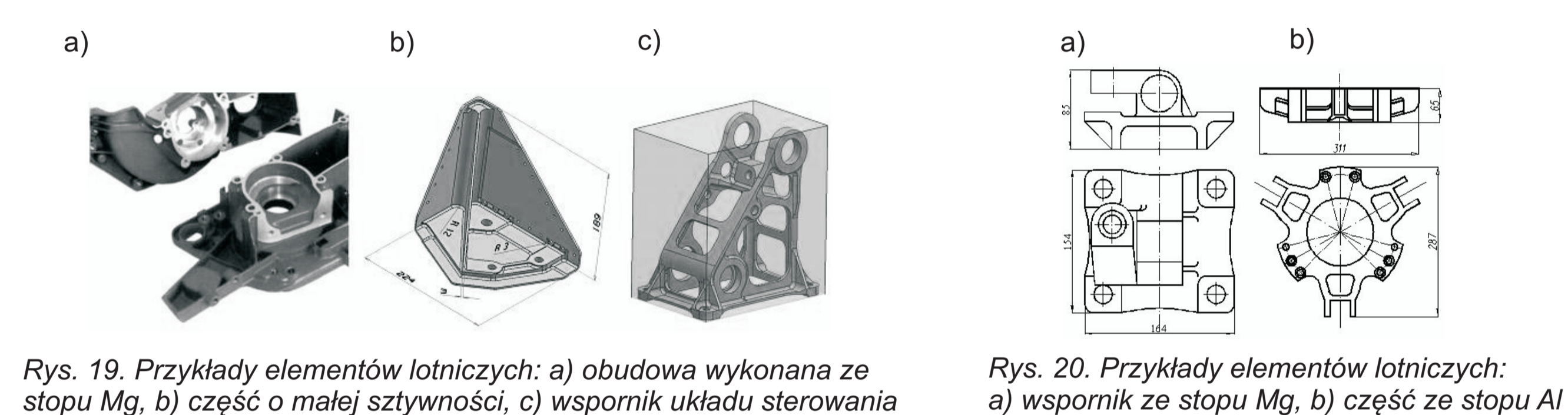


Rys. 18. Topografia powierzchni: a) przed ozonowaniem, b) po ozonowaniu

### Wnioski

- Zadziory powstałe przy frezowaniu stopu magnezu AZ91HP mogą być sklasyfikowane na podstawie ich położenia i kształtu. Przy stałej prędkości skrawania  $v_c = 282,7\text{m/min}$ , wraz ze wzrostem posuwu wskaźnik zadzioru maleje. Dla stałego posuwu na ostrze  $f_z = 0,035\text{mm/strze}$ , wraz ze wzrostem prędkości skrawania, wskaźnik zadzioru maleje.
- Uwzględniając przyjęte kryteria można stwierdzić, iż najbardziej korzystną metodą obróbki wysokokrzemowych stopów aluminium (spośród rozpatrywanych), jest frezowanie HPC. Zapewnia ono najwyższą wydajność obróbki i dobrą jakość powierzchni przy jednocześnie najmniejszym zużyciu narzędzia. Wadą tej metody obróbki jest stosunkowo wysoka wartość sił skrawania oraz bardzo duże amplitudy tych sił.
- Przy frezowaniu HSC uzyskano najmniejsze wartości sił skrawania. Wydajność obróbki jest również zadawalająca. Głównym czynnikiem ograniczającym stosowanie tej metody jest wysokie zużycie ostrza narzędzia. W celu polepszenia tego wskaźnika należy zastosować frez pełnowęglkowy z pokryciem (najkorzystniejsze pokrycie PKD) lub zastosować narzędzie z ostrzami z PKD.
- Frezowanie konwencjonalne, frezami z HSS nie nadaje się do obróbki wysokokrzemowych stopów aluminium, następuje bardzo szybkie zużycie ostrza, co zwiększa wartość generowanych sił i pogarsza jakość obrabianych powierzchni.
- Dla stopu aluminium EN-AW-2017A, ważnego materiału stosowanego w przemyśle lotniczym, aktywowanie energetyczne warstwy wierzchniej w atmosferze ozonu może być alternatywą dla stosowanych obecnie metod chemicznych, jeśli celem jest podniesienie wartości swobodnej energii powierzchniowej. Szczególnie istotnym efektem jest znaczący wzrost wartości składowej polarniej swobodnej energii powierzchniowej w procesie ozonowania, co może mieć istotne znaczenie w konstytuowaniu wytrzymałości długotrwałej konstrukcyjnych połączeń klejowych. Ozonowanie może być proekologiczną technologią wykorzystywaną w przemyśle, wszędzie tam gdzie adhezja odgrywa ważną rolę, jednak zastosowanie w przemyśle musi być poparte dalszymi badaniami laboratoryjnymi.

### Przykłady zastosowania w lotnictwie



Rys. 19. Przykłady elementów lotniczych: a) obudowa wykonana ze stopu Mg, b) część o małej sztywności, c) wspornik układu sterowania

Rys. 20. Przykłady elementów lotniczych: a) wspornik ze stopu Mg, b) część ze stopu Al

### Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

- W pierwszym półroczu 2011 r. współpracowano z PZL Rzeszów w zakresie:
- modelowania odkształceń elementów obrabianych,
  - obróbki HSC i HPC stopów Al,
  - efektywności i bezpieczeństwa obróbki stopów Mg.

### Wskaźniki realizacji celów projektu

#### Publikacje

- Kuczmaszewski J.: *Efektywność wytwarzania elementów lotniczych ze stopów aluminium i magnezu*, Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie. Redakcja Ryszard Knosala; Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, ISBN 978-83-930399-0-6; Opole 2011; s. 7-18
- Matuszak J., Zaleski K.: *Effect of Milling Parameters upon Burr Formation during AZ91 HP Magnesium Alloy Face Milling*. Świć A., Lipski J. (ed.): New Materials and it Technologies in Production Engineering. ISBN 978-83-62-025-14-5. Copyright by LTN Lublin 2011, pp 31-42

#### Prace inżynierskie obronione:

- Cyman Andrzej: *Ciecze obróbkowe w procesie skrawania stopów lotniczych*. Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
- Deneka Justyna: *Wpływ warunków obróbki skrawaniem na odkształcenia cieplne stopów aluminium*. Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
- Popek Aneta: *Wpływ warunków frezowania na mikrotrawność warstwy wierzchniej stopów aluminium i magnezu*. Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
- Kosmala Rafał: *Nagniatanie dynamiczne stopów magnezu*. Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
- Kamiński Kamil: *Usuwanie zadziorów w procesie skrawania stopów magnezu*. Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
- Oleszk Rafał: *Wpływ nagniatania dynamicznego stopów lekkich na chropowatość powierzchni*. Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL
- Flis Ewa: *Uwarunkowania technologiczne i konstrukcyjne doboru cieczy obróbkowych ze szczególnym uwzględnieniem stopów aluminium, magnezu*. Promotor: Prof. dr hab. inż. J. Kuczmaszewski

#### Prace inżynierskie planowane

- Grudzień Wojciech: *Wpływ płynów obróbkowych na proces skrawania stopów magnezu*. Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL. Planowany termin obrony 2011 r.

#### Prace magisterskie planowane

- Katarzyna Drozd: *Analiza sił i momentów skrawania przy frezowaniu współbieżnym i przeciwbieżnym frezami trzpieniowymi*. Promotor: Prof. dr hab. inż. J. Kuczmaszewski. Planowany termin obrony 2011 r.
- Katrzyzna Falkowicz: *Wpływ technologicznych parametrów obróbki wybranego stopu Al na skłonność powstawania zadziorów*. Promotor: Prof. dr hab. inż. J. Kuczmaszewski. Planowany termin obrony 2011 r.
- Marta Szyszka: *Analiza sił skrawania i chropowatości powierzchni wybranego stopu Al po frezowaniu powierzchni walcowych frezami trzpieniowymi*. Promotor: Prof. dr hab. inż. J. Kuczmaszewski. Planowany termin obrony 2011 r.
- Adam Łojewski: *Badania wpływu zużycia narzędzi na dokładność frezowania wybranych stopów aluminium*. Promotor: dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL. Planowany termin obrony 2011 r.

#### Prace doktorskie

- Tytuł: *Badania procesu usuwania zadziorów po frezowaniu stopów aluminium i magnezu*. Autor: Jakub Matuszak Promotor: dr. hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL Status: wszczęty przewód doktorski w maju 2011 r.