

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

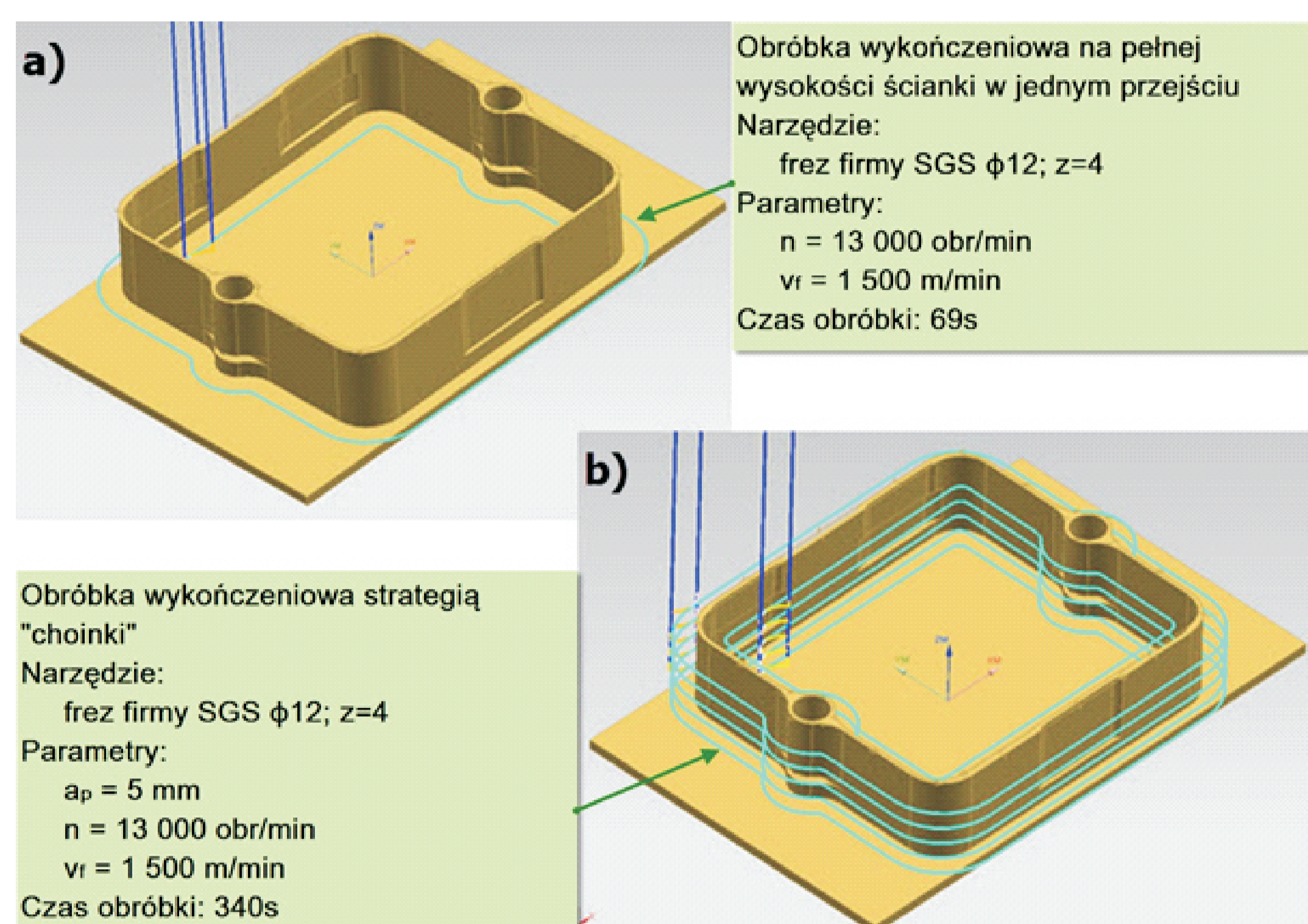
## Nowoczesna obróbka mechaniczna stopów magnezu i aluminium

### Modern mechanical working of magnesium and aluminium alloys

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

#### Wyniki badań Results

#### Obróbka elementów cienkościennych z wykorzystaniem różnych strategii Machining of thin-walled components using different strategies



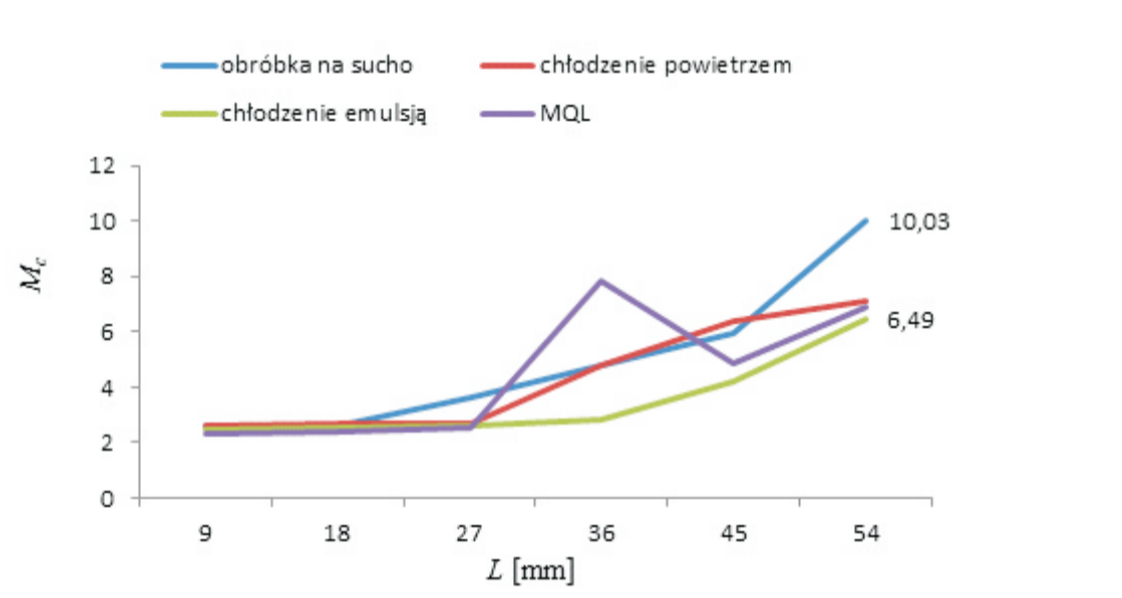
Rys. 1. Porównanie strategii obróbki wykończeniowej: a) w jednym przejściu, b) z zastosowaniem strategii "choinki". Dla obróbki w jednym przejściu uzyskano prawie pięciokrotne skrócenie czasu.  
Fig. 1. Comparison finishing machining strategy: a) in a single pass, b) using the strategy of "tree". For machining in a single pass, time of cutting was almost five times shorter.

#### Wpływ minimalnego smarowania na moment skrawania i chropowatość powierzchni w procesie wiercenia stopu aluminium

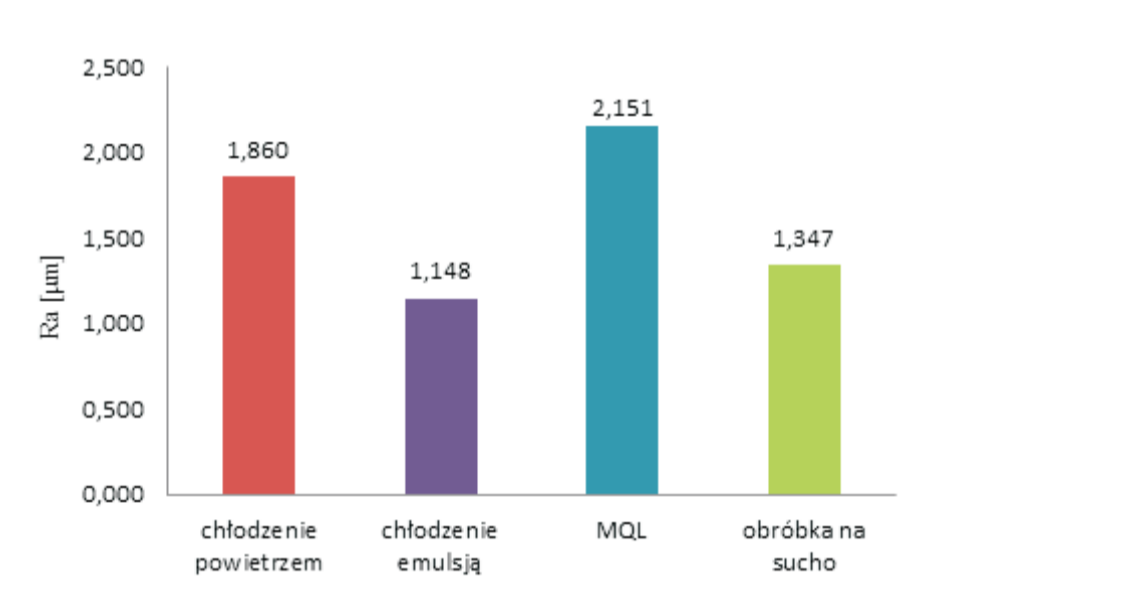
#### Effect of Minimum Quantity Lubrication on Cutting Torque and Surface Roughness in Aluminum Alloy Drilling Process

Zastosowanie minimalnego smarowania w obróbce skrawaniem jest związane z wieloma korzyściami. W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych momentu skrawania, siły posuwowej oraz chropowatości powierzchni podczas wiercenia otworów w stopie aluminium EN AW 7075. Proces wiercenia był przeprowadzony z zastosowaniem minimalnego smarowania, emulsji olejowej i skrawania na sucho. Testowano różne strategie wiercenia otworów.

Application of minimum quantity lubrication in machining has many advantages. This paper presents the results of an experimental study undertaken to investigate the cutting torque, feed force and surface roughness during hole drilling in the EN AW 7075 aluminum alloy. The drilling process was conducted using minimum quantity lubrication, oil emulsion and dry machining. Various strategies of hole drilling were tested.



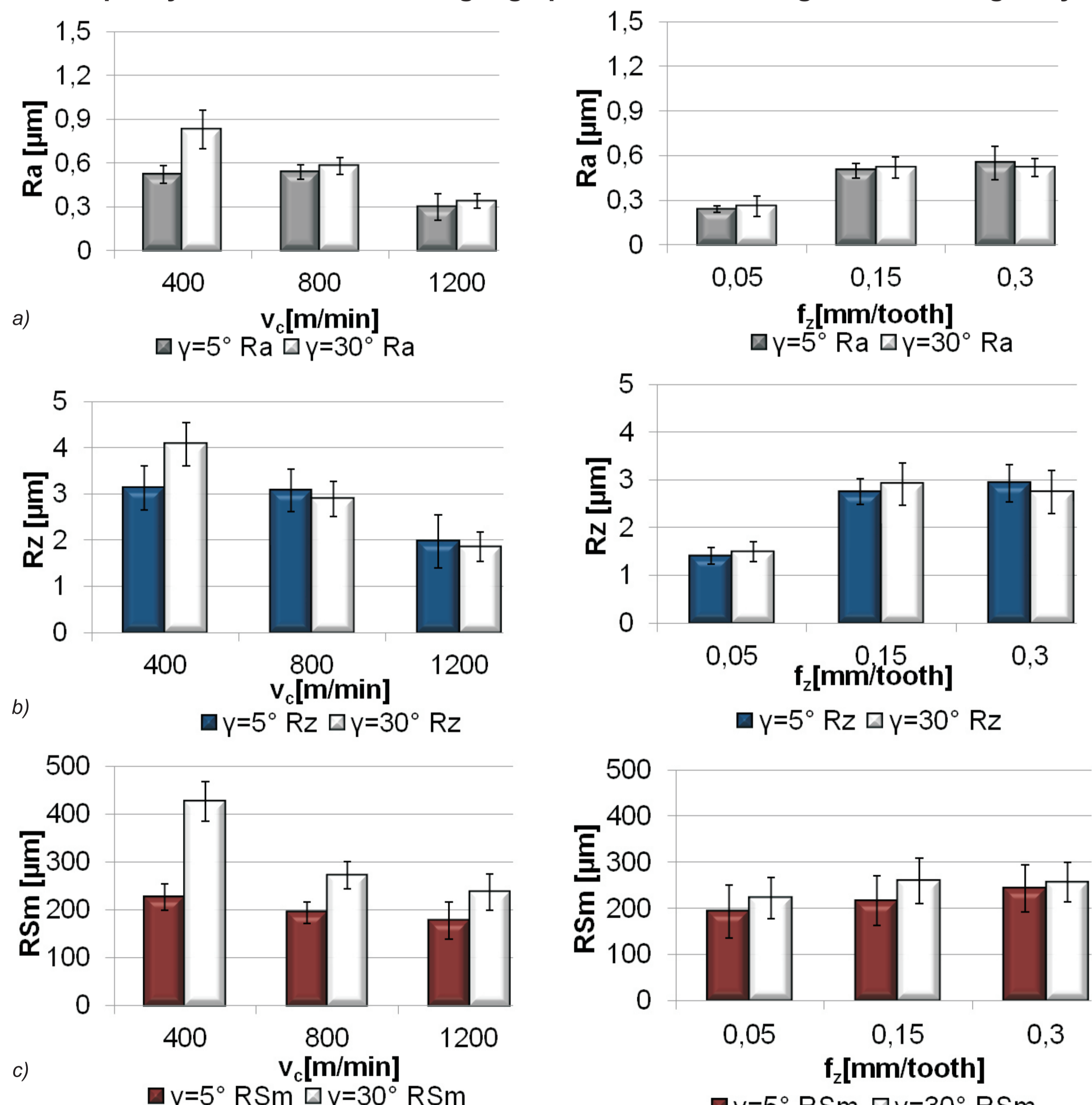
Rys. 2. Wpływ sposobu chłodzenia na moment skrawania podczas wiercenia otworu w pełnym materiale na głębokość  $L = 54$  mm.  
Fig. 2. Influence of cooling method at the time of cutting during drilling in solid material, the depth  $L = 54$  mm.



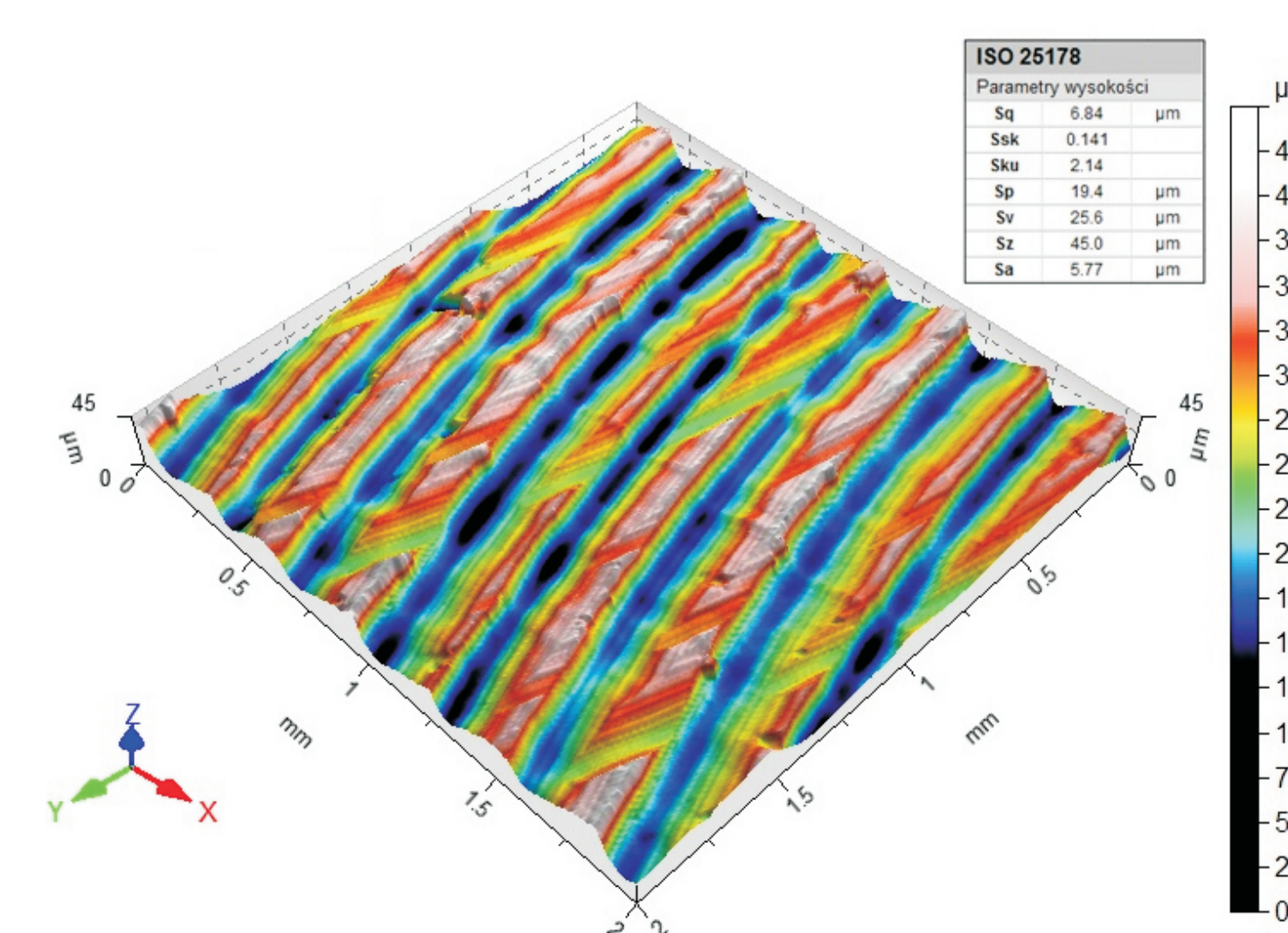
Rys. 3. Wpływ sposobu chłodzenia na chropowatość powierzchni podczas wiercenia.  
Fig. 3. Influence of cooling method on surface roughness during drilling.

#### Jakość powierzchni po frezowaniu szybkościowym stopu Mg AZ91HP

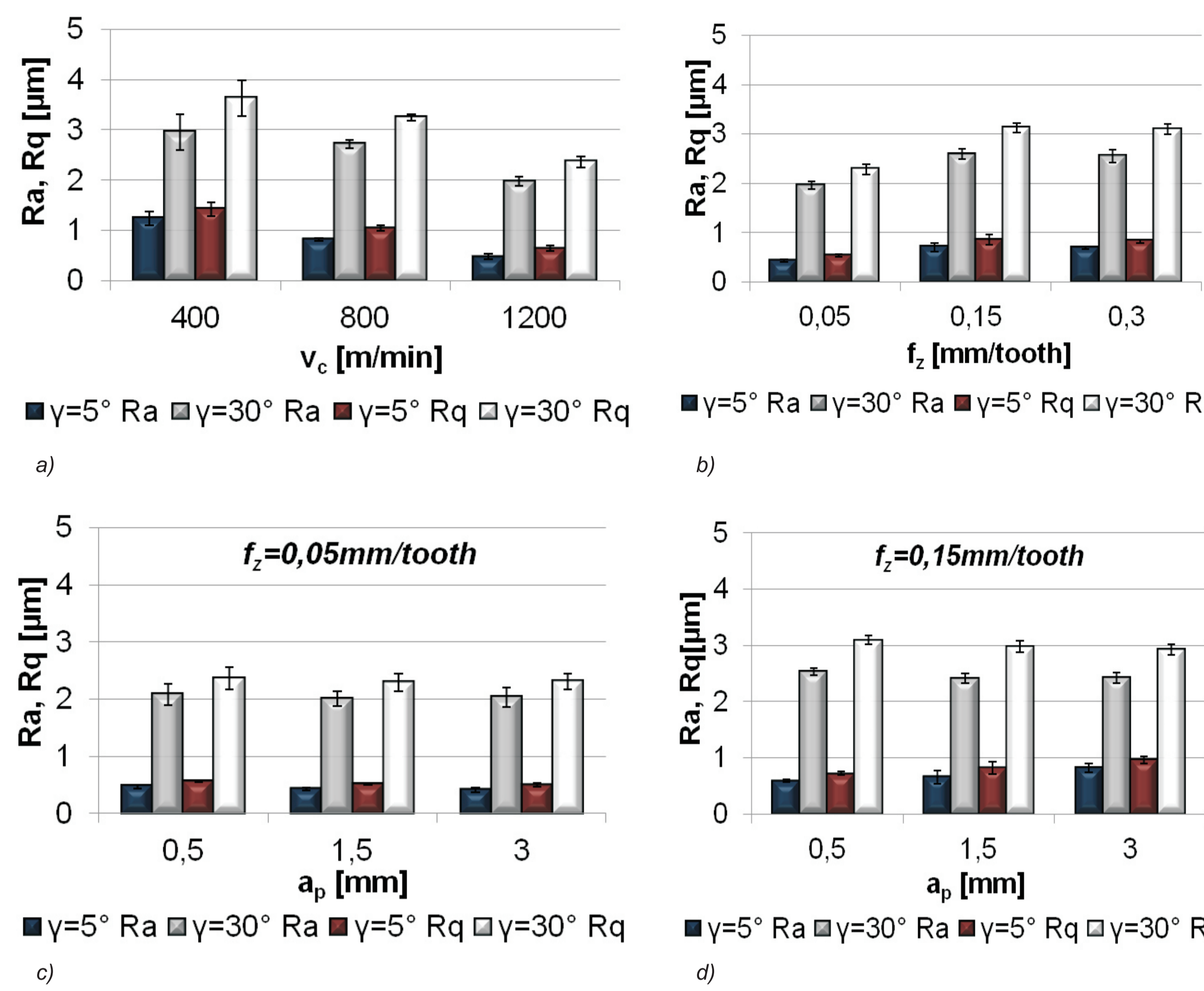
#### Surface quality assessment following high performance cutting of AZ91HP Mg alloy



Rys. 4. Wpływ zmiany wartości prędkości skrawania  $v_c$  i posuwu  $f_z$  na wartość parametrów chropowatości powierzchni: a)  $Ra$ , b)  $Rz$ , c)  $R_{sm}$ , mierzonych na ścianie bocznej po frezowaniu frezami węglowymi o kącie natarcia  $\gamma = 5^\circ$  i  $\gamma = 30^\circ$ .  
Fig. 4. The effect of changes in cutting speed  $v_c$  and feed rate per tooth  $f_z$  on the value of surface roughness parameters: a)  $Ra$ , b)  $Rz$ , c)  $R_{sm}$  measured on the lateral face following milling with the application of carbide cutting edges with feed rate per tooth equaling  $\gamma = 5^\circ$  and  $\gamma = 30^\circ$ .



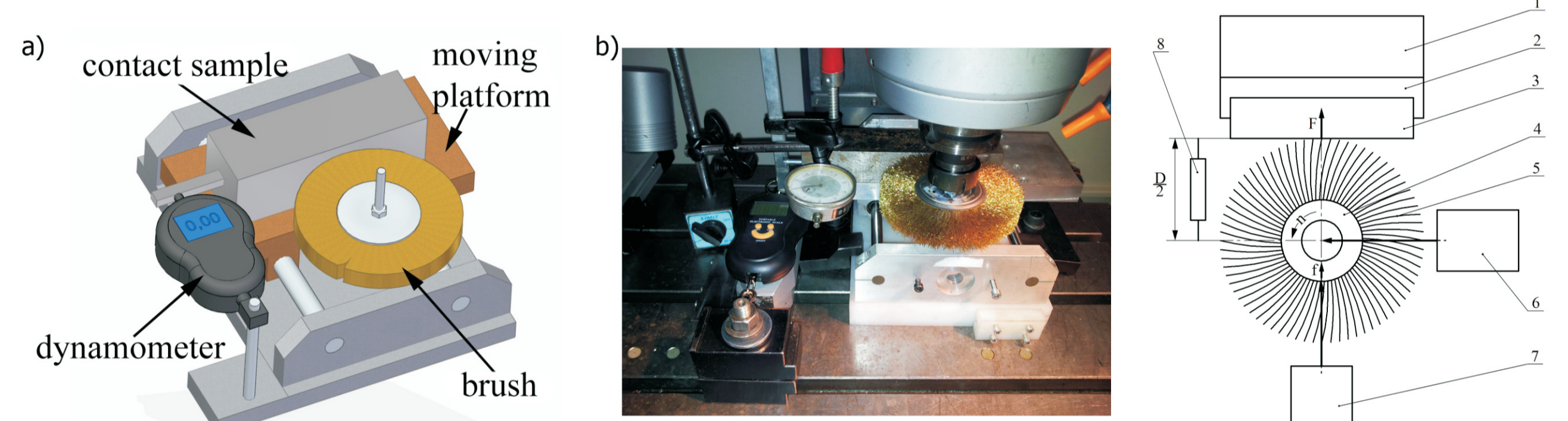
Rys. 5. Mapa oraz parametry chropowatości 3D wykonana dla narzędzia o kącie natarcia  $\gamma = 5^\circ$  oraz parametrach technologicznych:  $v_c = 800$  m/min,  $f_z = 0,3$  mm/ostre,  $a_p = 6$  mm,  $a_e = 14$  mm.  
Fig. 5. 3D map and roughness parameters for tool rake angle equal to  $\gamma = 5^\circ$  and the following technological parameters values:  $v_c = 800$  m/min,  $f_z = 0,3$  mm/ostre,  $a_p = 6$  mm,  $a_e = 14$  mm.



Rys. 6. Zmiana parametrów chropowatości  $Ra$  i  $Rq$  mierzonych na powierzchni czołowej, wywołana przez zmianę wartości: a)  $v_c$ , b)  $f_z$ , c)  $a_p$  ( $f_z = 0,05$  mm/ostre), d)  $a_p$  ( $f_z = 0,15$  mm/ostre).  
Fig. 6. Changes in roughness parameters  $Ra$  and  $Rq$  measured at the end face of the sample induced by changes in the following parameters: a)  $v_c$ , b)  $f_z$ , c)  $a_p$  ( $f_z = 0,05$  mm/ostre), d)  $a_p$  ( $f_z = 0,15$  mm/ostre).

#### Sposób i urządzenie do określania średnicy dynamicznej szczotek walcowych

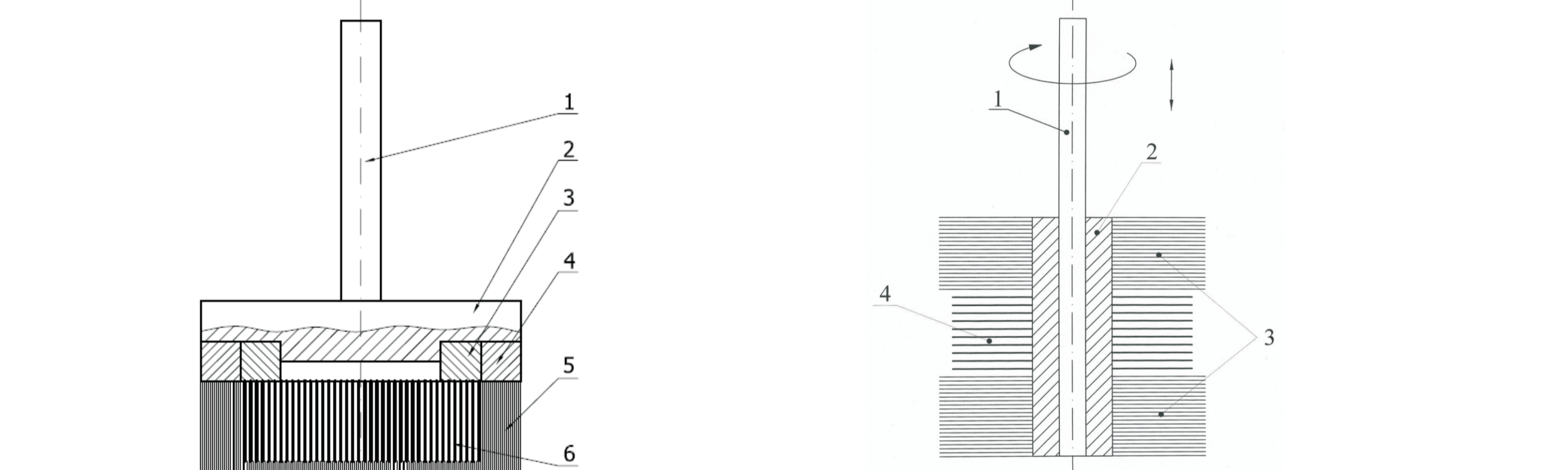
#### Method and device for dynamic diameter determination of circular brushes



Rys. 7. Urządzenie do pomiaru średnicy dynamicznej szczotki: 1. siłomierz, 2. uchwyt, 3. próbka, 4. szczotka walcowa, 5. włókna szczotki, 6. mechanizm napędowy ruchu obrotowego, 7. mechanizm napędowy ruchu posuwowego, 8. przyrząd do pomiaru długości.  
Fig. 7. Test stand for dynamic diameter determination of circular brushes: 1. dynamometer, 2. holder, 3. specimen, 4. circular brush, 5. brush fibers, 6. rotary motion mechanism, 7. feed motion mechanism, 8. length measuring instrument.

#### Szczotki do usuwania zadziorów

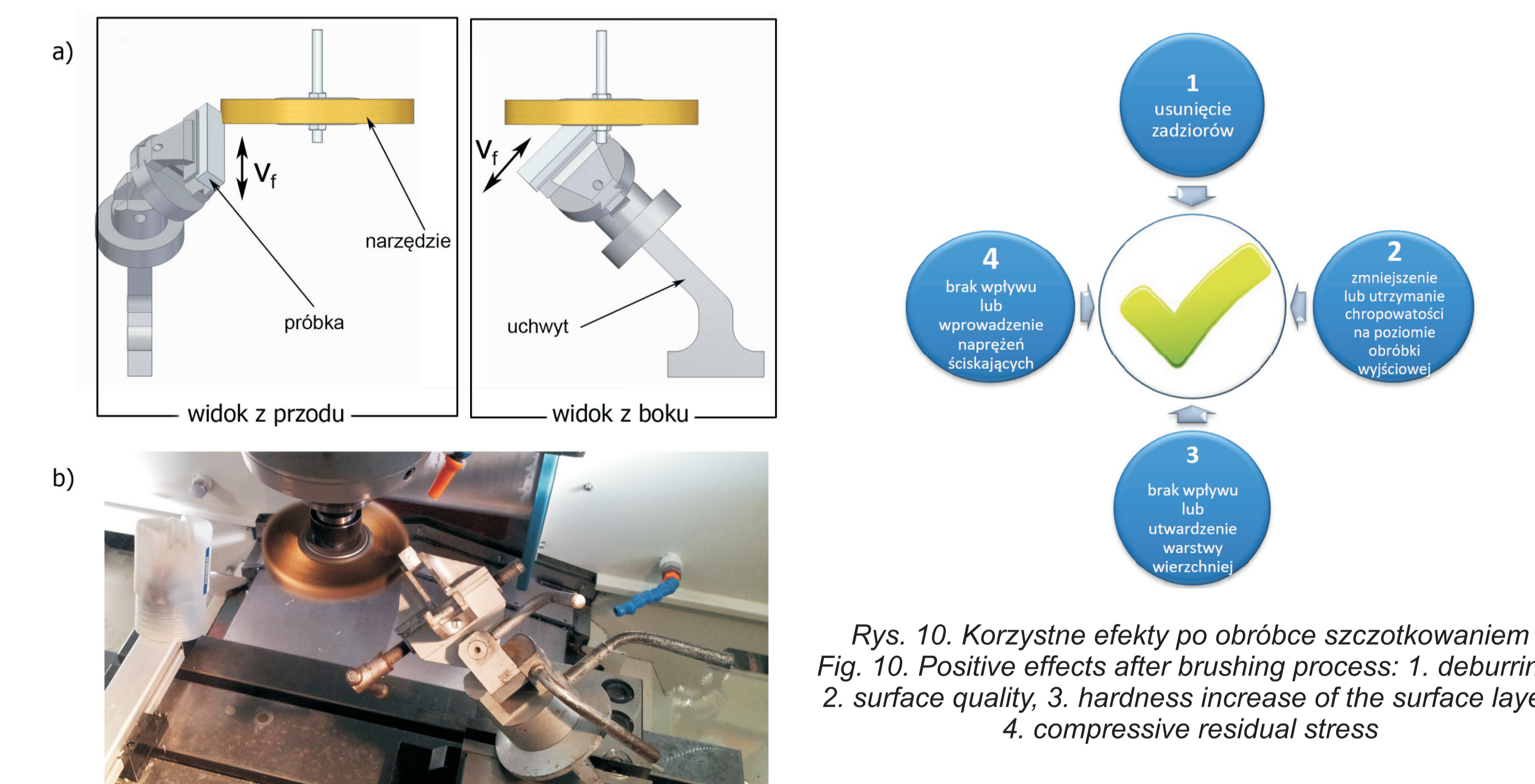
#### Deburring brushes



Rys. 8. Szczotka czołowa do usuwania zadziorów: 1. trzpień, 2. korpus, 3. pierścieni wewnętrzny, 4. pierścieni zewnętrzny, 5. sekcja włókien usuwających, 6. sekcja włókien usuwających. Fig. 8. Deburring face brush: 1. arbor, 2. body, 3. internal ring, 4. external ring, 5. section of smoothing fibers, 6. section of removal fibers.  
Rys. 9. Szczotka walcowa do usuwania zadziorów: 1. trzpień, 2. tuleja, 3. sekcja włókien usuwających, 4. sekcja włókien usuwających. Fig. 9. Deburring cylindrical brush: 1. arbor, 2. sleeve, 3. section of smoothing fibers, 4. section of removal fibers.

#### Technologia usuwania zadziorów i kształtowania krawędzi

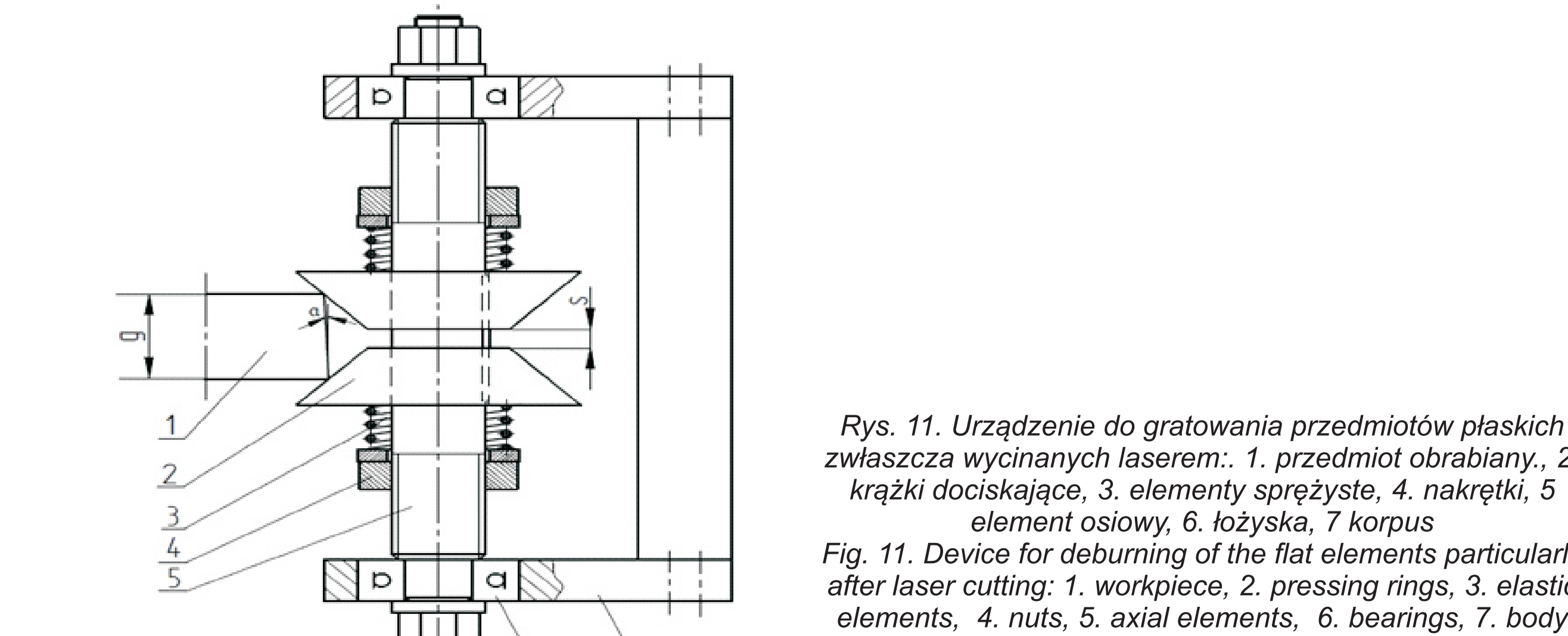
#### Technology of deburring and edge forming



Rys. 10. Korzystne efekty po obróbce szczotkowaniem.  
Fig. 10. Positive effects after brushing process: 1. deburring, 2. surface quality, 3. hardness increase of the surface layer, 4. compressive residual stress.

#### Sposób i urządzenie do gratowania przedmiotów płaskich zwłaszcza wycinanych laserem

#### The method and device for deburring of the flat elements particularly after laser cutting

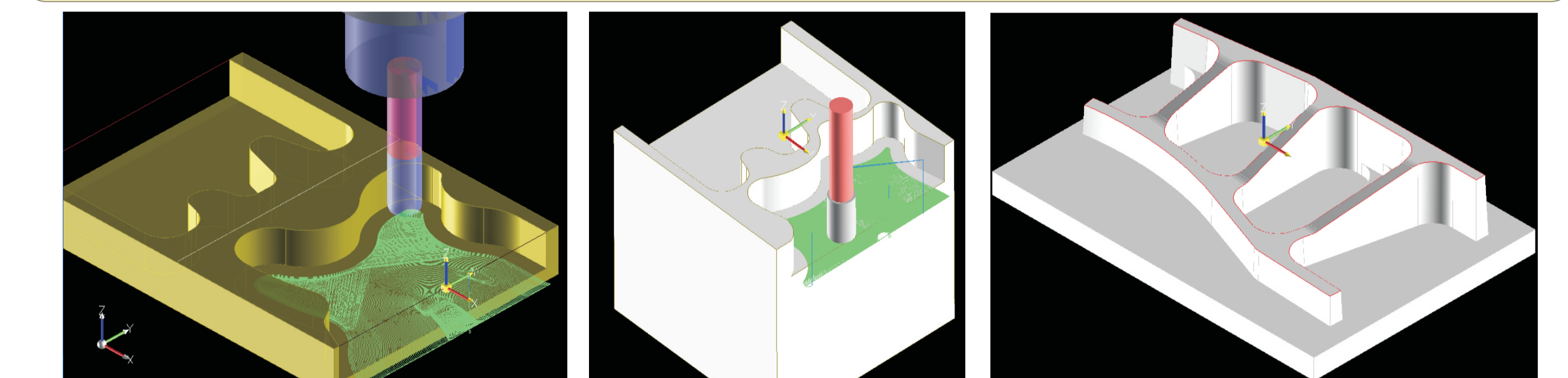


Rys. 11. Urządzenie do gratowania przedmiotów płaskich zwłaszcza wycinanych laserem: 1. przedmiot obrabiany, 2. krążki dociskające, 3. elementy sprężyste, 4. nakrętki, 5. element osiowy, 6. łożyska, 7. korpus.  
Fig. 11. Device for deburring of the flat elements particularly after laser cutting: 1. workpiece, 2. pressing rings, 3. elastic elements, 4. nuts, 5. axial elements, 6. bearings, 7. body.

#### Wnioski Conclusions

- Zastosowanie strategii z jednym przejściem skraca prawie pięciokrotnie czas obróbki w stosunku do obróbki strategią "choinki". Jednocześnie dokładność i jakość wykonania elementów cienkościennych jest zadowalająca.
  - W przypadku obróbki stopu aluminium EN AW-7075 można otrzymać mniejszą chropowatość powierzchni przy użyciu MQL w połączeniu z odpowiednią strategią wiercenia. Aby w pełni wykorzystać proces minimalnego smarowania należy stosować strategię wyrzucania wiórów z rowków wiórowych narzędzia.
  - Lepszą jakość powierzchni po frezowaniu stopu magnezu AZ91HP (mniejsze parametry chropowatości) uzyskano w przypadku zastosowania narzędzia węglowego o kącie natarcia  $\gamma = 5^\circ$ .
  - W badanym przedziale zmienności posuwu  $f_z = 0,05 + 0,3$  [mm/ostre] najmniejszą wartość parametru chropowatości uzyskano dla najmniejszej wartości posuwu, natomiast w badanym przedziale prędkości skrawania  $v_c = 400 + 1200$  [m/min], najmniejszą wartość parametru chropowatości uzyskano dla największej prędkości skrawania.
  - W celu automatyzacji procesu istotne jest, aby uzyskać porównywalne wyniki w procesie usuwania zadziorów, zaokrąglania krawędzi, usuwania korozji, chropowatości powierzchni po wymianie narzędzia na nowe. Stanowisko do wyznaczenia i korekty średnicy dynamicznej pozwala na zautomatyzowanie procesu szczotkowania na obrabiarkach sterowanych numerycznie.
  - Zastosowanie szczotek z różnymi sekcjami włókien, pozwala na usuwanie zadziorów oraz wygładzanie krawędzi w jednej operacji.
  - Odpowiedni dobór parametrów szczotkowania zapewnia korzystne efekty po obróbce szczotkowaniem.
- The use of strategy single pass shortens machining time nearly fivefold compared to strategy "tree". At the same time the accuracy and quality of thin-walled components is satisfactory.
  - In the case of processing the aluminum alloy EN AW-7075 can be obtained by a smaller surface roughness using an MQL in combination with a suitable strategy for drilling. To take full advantage of minimal lubrication process should be used strategies particle removal of the remains of the chips.
  - Superior quality of surface following milling AZ91HP Mg alloy (lower values of roughness parameters) was obtained at carbide tool with rake angle  $\gamma = 5^\circ$ .
  - In the analysed range of feed per tooth, i.e.  $f_z = 0,05 + 0,3$  [mm/tooth], the lowest surface parameter was noted for the lowest feed per tooth, whereas in the analysed range of cutting speed,  $v_c = 400 + 1200$  [m/min], the lowest surface roughness parameter value was obtained in the highest cutting velocity.
  - To automate the process, it is important to get comparable results in deburring process, edge rounding, corrosion removal or surface roughness after tool change to the new. Test stand and methodology of dynamic diameter determination, provides full automation of the brushing processes on numerically controlled machining centers.
  - Deburring brushes, with different sections of the fibers, provides a burr removal and surface smoothing at the same operation.
  - Appropriate selection of brushing parameters provides positive effects after brushing process.

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



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

- W pierwszym półroczu 2015 roku współpracowano z zakładami:
- PZL Świdnik S.A. AgustaWestland,
  - WSK „PZL-RZESZÓW” S.A.
  - PZL Mielec,
  - Ultratech,
  - BRYSK.

#### Rozwiązania oferowane dla przemysłu:

- Urządzenie do pomiaru dynamicznych składowych sił skrawania.
- Sposób i urządzenie do gratowania przedmiotów płaskich zwłaszcza wycinanych laserem.
- Baza wiedzy w zakresie obróbki elementów cienkościennych narzędziami o obniżonej sztywności.
- Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar średnicy odcisku.
- Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych poprzez pomiar prędkości elementu nagniatającego.
- Sposób i urządzenie do oceny skrawalności materiałów.
- Sposób i urządzenie do określenia średnicy dynamicznej szczotek walcowych.
- Szczotka czołowa do usuwania zadziorów.
- Szczotka walcowa do usuwania zadziorów.
- Technologia usuwania zadziorów i kształtowania krawędzi.
- Baza wiedzy w zakresie obróbki stopów magnezu.

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

- Referaty**
- Adamski W.: *Advanced Technologies in the XXI Century for Production of Aircraft Integral Parts*. Referat wygłoszony na Europejskim Seminarium Lotniczym w dniu 06.05.2015 w Mindelheim/Monachium/Niemcy.
  - Adamski W.: *Nowoczesne konstrukcje i technologie stosowane w lotnictwie XXI wieku*. Referat wygłoszony w Muzeum Techniki i Przemysłu NOT w Warszawie podczas CAXInnovation 2015 w dniu 24.04.2015

- Publikacje**
- Gziut O., Kuczmazewski J., Zagórski I.: *Ocena jakości powierzchni wysokowydajnego frezowania stopu magnezu AZ91HP*. Management and Production Engineering Review, Vol.6, No. 1, 2015, str.4-9
  - Adamski W.: *Nowe technologie obniżające czas wykonania części integralnych w mechanikie lotniczym*. Mechanik 2/2015

- Prace mgr, dr, hab. Prace doktorskie**
- Tytuł: *Badania procesu usuwania zadziorów po frezowaniu stopów aluminium i magnezu*  
Autor: Dr inż. Jakub Matuszak  
Promotor: Dr hab. inż. Kazimierz Zaleski, prof. PL  
Status: „Praca po obronie”, Data obrony: 28.01.2015r.

- Tytuł: *Badania wpływu sztywności statycznej frezów trzpieniowych na dokładność geometryczną przedmiotów wykonanych ze stopów aluminium*  
Autor: Dr inż. Paweł Pleśko  
Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski  
Status: „Praca po obronie”, Data obrony: 29.04.2015r.

- Tytuł: *Wpływ warunków technologicznych na efektywność i bezpieczeństwo frezowania stopów magnezu*  
Autor: Dr inż. Ireneusz Zagórski  
Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmazewski  
Status: „Praca po obronie”, Data obrony: 29.04.2015r.