

# 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

#### Tytuł rozwiązania Innowacyjnego

Title of the innovative solution

1. Baza wiedzy w zakresie obróbki elementów cienkościennych narzędziami o obniżonej sztywności
2. Baza wiedzy w zakresie obróbki stopów magnezu
3. Baza wiedzy w zakresie technologii usuwania zadziorów i kształtowania krawędzi
4. Sposób i urządzenie do gratowania przedmiotów płaskich zwłaszcza wycinanych laserem

5. Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar średnicy odcisku

6. Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego przedmiotów cienkościennych przez pomiar prędkości elementu nagniatającego

7. Sposób i urządzenie do oceny skrawalności materiałów

8. Sposób i urządzenie do określania średnicy dynamicznej szczotek walcowych

9. Szczotka czołowa do usuwania zadziorów

10. Szczotka walcowa do usuwania zadziorów

11. Głowica do nagniatania odśrodkowego

12. Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego

13. Szczotka do usuwania zadziorów z krawędzi kół zębatych

14. Urządzenie do nagniatania tocznego

15. Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego

16. Sposób i urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego

17. Szczotka do usuwania zadziorów z krawędzi kół zębatych

18. Urządzenie do nagniatania tocznego

19. Roller burnishing device

#### Krótki opis rozwiązania

Brief description of the solution

**Ad. 1.** Obróbka konstrukcji takich jak matryce, wykrojniki, formy wtryskowe, cienkościennie elementy konstrukcji lotniczych czy korpusy maszyn i obrabiarek wymaga zastosowania narzędzi i opravek narzędziowych o długim wysięgu i niewielkich średnicach, a więc posiadających małą sztywność. Niedostateczna sztywność narzędzia, może być przyczyną powstawania drgań samowzbudnych, które niekorzystnie wpływają zarówno na ostrza narzędzi jak i jakość powierzchni oraz dokładność geometryczną obrabianych elementów. Przeprowadzone prace miały na celu opracowanie wytycznych dla obróbki elementów cienkościennych o jak największym stosunku wysokości do grubościach ścianek  $h_s/g_s$ , przy zachowaniu wymogów jakościowych.

Machining of structures such as matrices, dies, molds, thin-walled components of aircraft structures or casings of machines and machine tools require the use of tools and tool holders with a long overhang and small diameters, thus having a low stiffness. Insufficient stiffness of the tool may be the cause of self-excited vibrations that adversely affect both the cutting tool and the surface quality and accuracy of geometrical workpieces. The works carried out were aimed at establishing guidelines for processing thin-walled components with the greatest ratio of the height to wall thickness  $h_s/g_s$ , while maintaining the quality requirements.

**Ad. 2.** Opracowana baza wiedzy dotyczącej frezowania stopów magnezu porządkuje informacje jakie są dostępne w literaturze, wzbogaca także tę bazę o wyniki badań własnych i analiz zespołu naukowego Politechniki Lubelskiej. Informacje koncentrują się zwłaszcza na możliwościach intensyfikacji obróbki w warunkach frezowania na sucho. Uzyskane wyniki odnoszą się do aktualnie stosowanych w przemyśle wartości technologicznych parametrów obróbki i wskazują na kierunki możliwych zmian tych parametrów w kontekście poprawy wydajności objętościowej skrawania przy możliwie najmniejszych wartościach chropowatości powierzchni. Baza wiedzy obejmuje także sugestie dotyczące cech geometrycznych narzędzi w kontekście morfologii wiórów i ciepła w procesie skrawania.

The developed knowledge base on milling of magnesium alloys organizes information that is available in the literature, also containing the results of research and analyses conducted by LUT scientific research team. The results predominantly concern solutions for increasing machining efficiency in dry milling. They relate to the technological parameters of machining which are currently applied in the industry, indicating the directions of possible changes in these parameters with respect to improving volumetric efficiency of cutting at the lowest possible surface roughness. In addition to this, the knowledge base contains suggestions concerning geometrical features of machining tools in the context of chip morphology and heat in the cutting process.

**Ad. 3.** Rozwiązanie przedstawia zautomatyzowaną metodę usuwania zadziorów i kształtowania krawędzi poprzez obróbkę szczotkowaniem na typowych obrabiarkach CNC. Może spowodować częściowe wyeliminowanie drogich (metody wibrościernie, strumieniowo-ścierne) oraz szkodliwych dla środowiska (metody chemiczne, elektrochemiczne, termiczne) technologii usuwania zadziorów obecnie stosowanych w przemyśle.

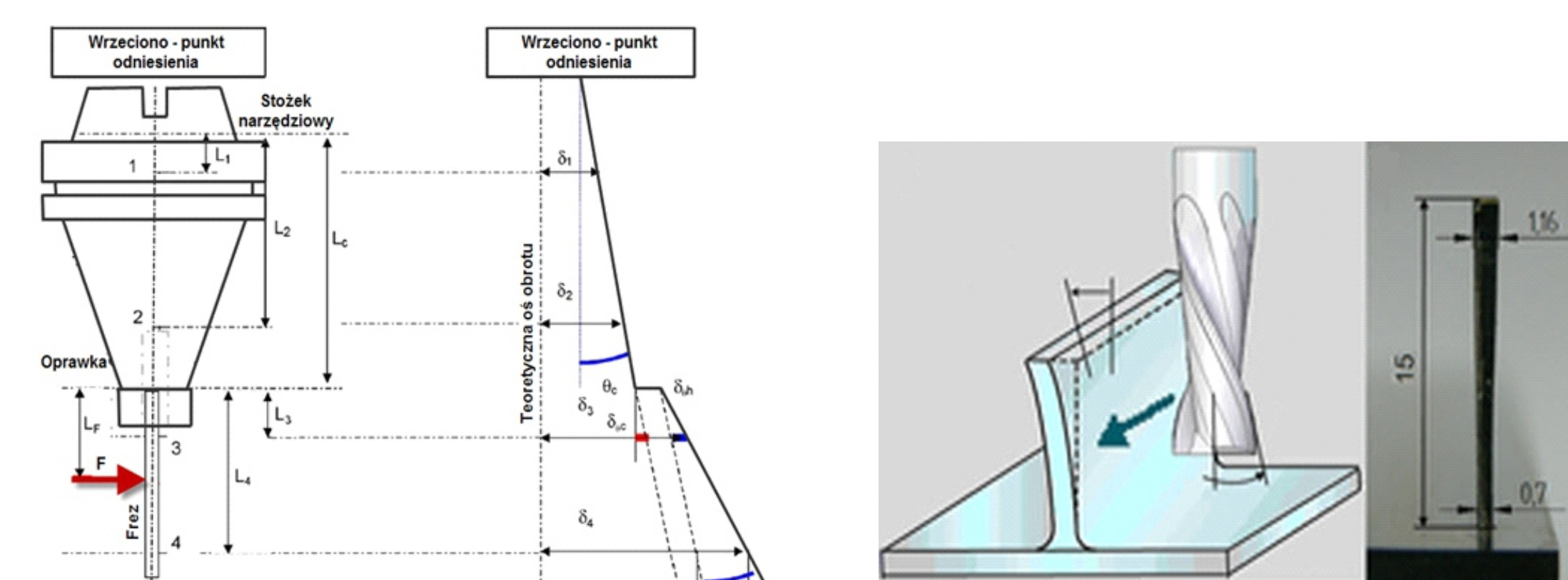
The solution describes an automated method of deburring and edge forming by brushing process which is performed on a typical CNC machine centers. This may result in a partial elimination of expensive (vibro-abrasive and blasting methods) and harmful to the environment (chemical, electrochemical and thermal methods) deburring technology currently used in the industry.

**Ad. 4.** Na krawędziach przedmiotów wykrawanych i wycinanych metodami obróbki skrawaniem powstają zwykle zadziory, a na krawędziach przedmiotów wycinanych laserem tworzy się wypływka wskutek gromadzenia się nacieków metalu i żuźla. Wypływka powstająca po cięciu laserem, zwłaszcza materiałów o dużej grubości, jest dość krucha i można ją stosunkowo łatwo usunąć.

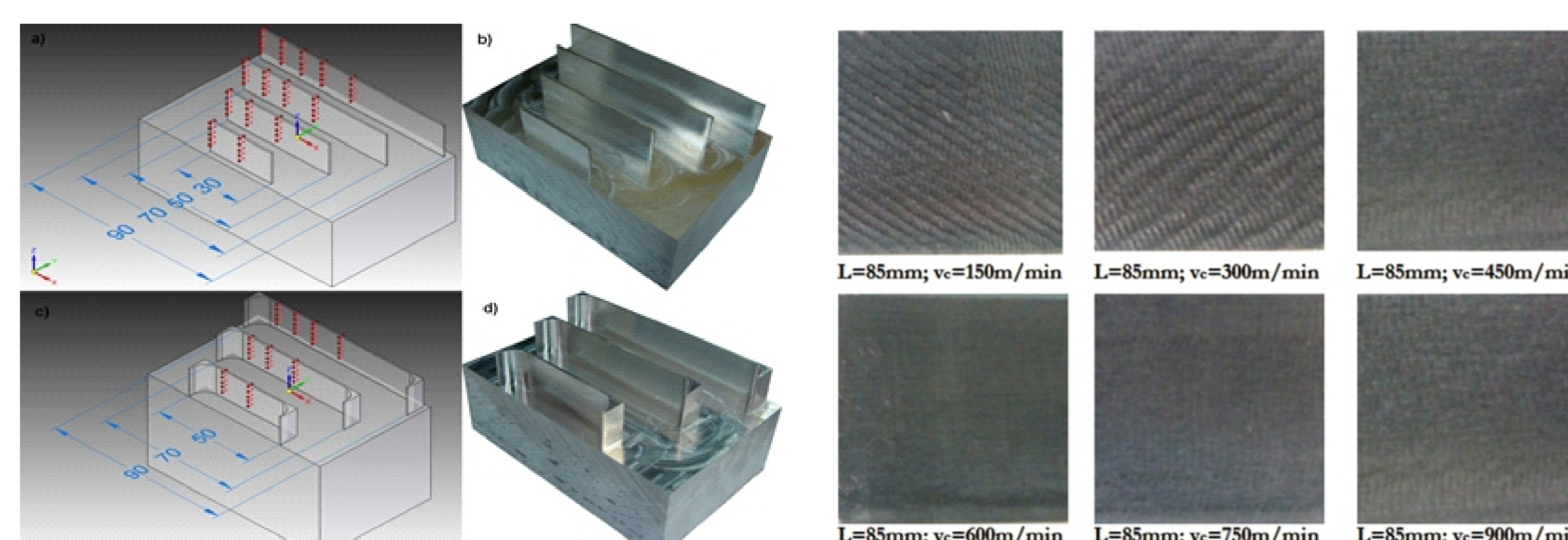
Burrs can form on the edges of the object after punching and machining operations, as well as due to the accumulation of molten metal and slag after laser cutting process. The flash, formed after the laser cutting, in particular on materials that have a large thickness, is quite brittle and can be relatively easily removed.

#### Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego

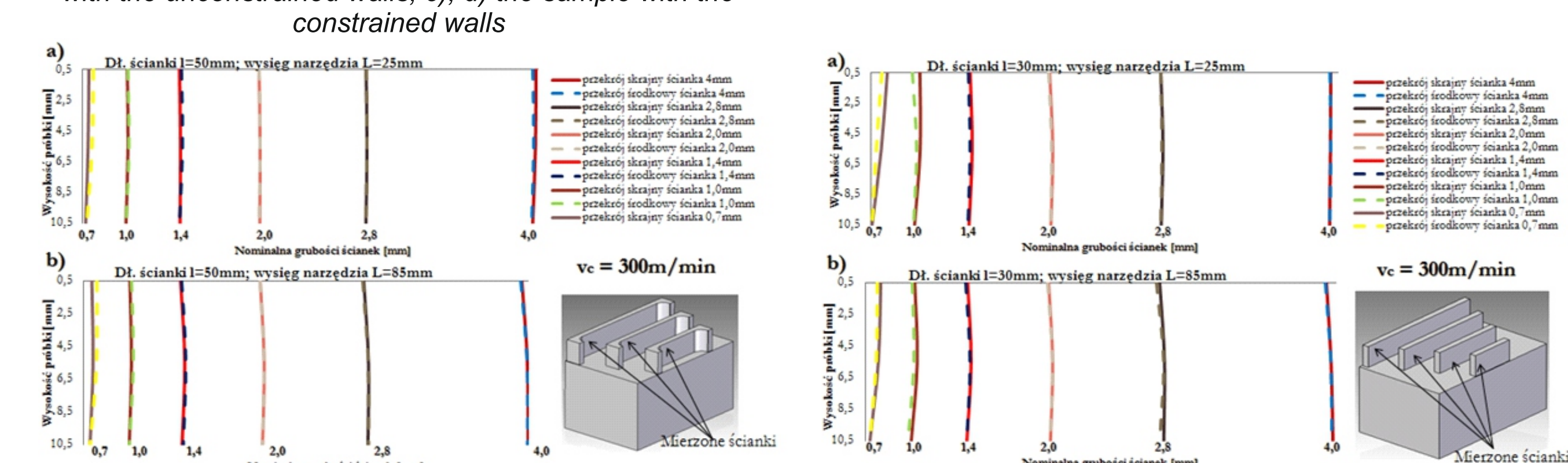
Visualization of the innovative solution



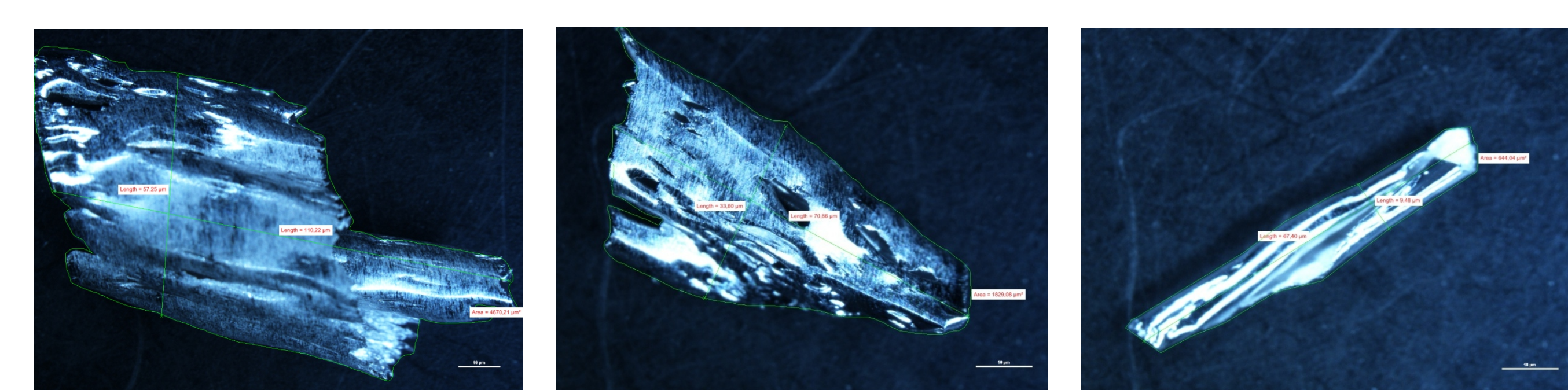
Rys. 1. Sztywność układu narzędzie-oprawka-wrzeciono  
Fig. 1. The stiffness of the tool-holder-spindle



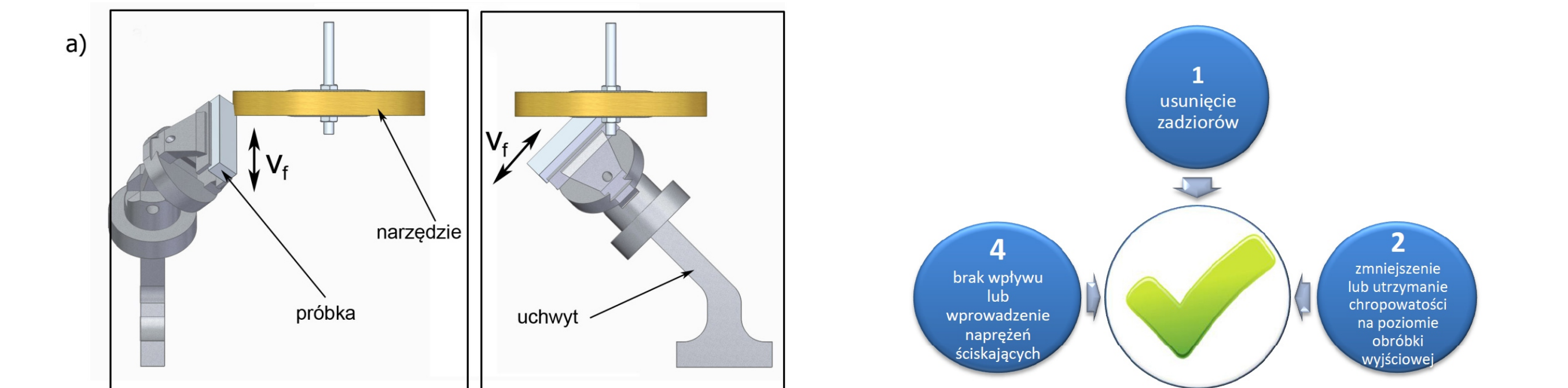
Rys. 2. Modele i widoki obrabianych próbek: a), b) próbki ze ściankami nieutwardzonymi; c), d) próbki ze ściankami utwardzonymi  
Fig. 2. Models and views machined samples: a), b) the sample with the unconstrained walls, c), d) the sample with the constrained walls



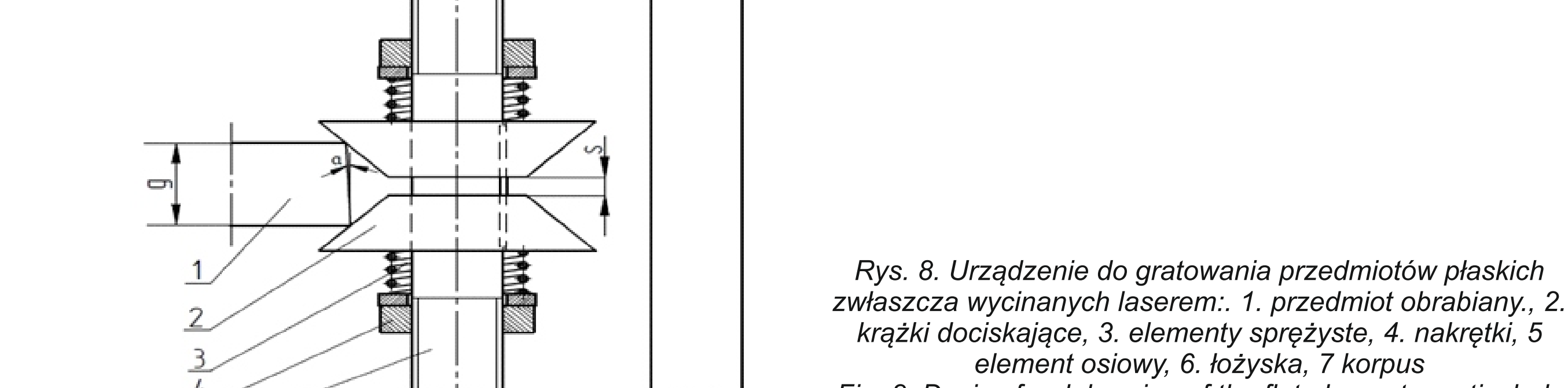
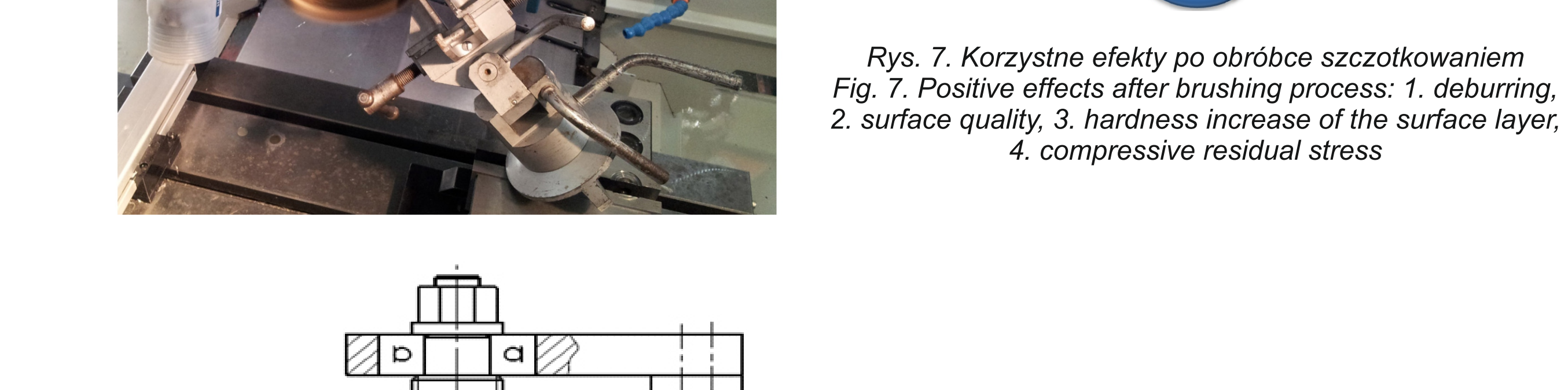
Rys. 3. Widoki powierzchni ścianek utwardzonych w grubości 4mm obrabianych z różnymi prędkościami skrawania  
Fig. 3. Views of surfaces of the constrained walls of 4mm machined with different cutting speeds



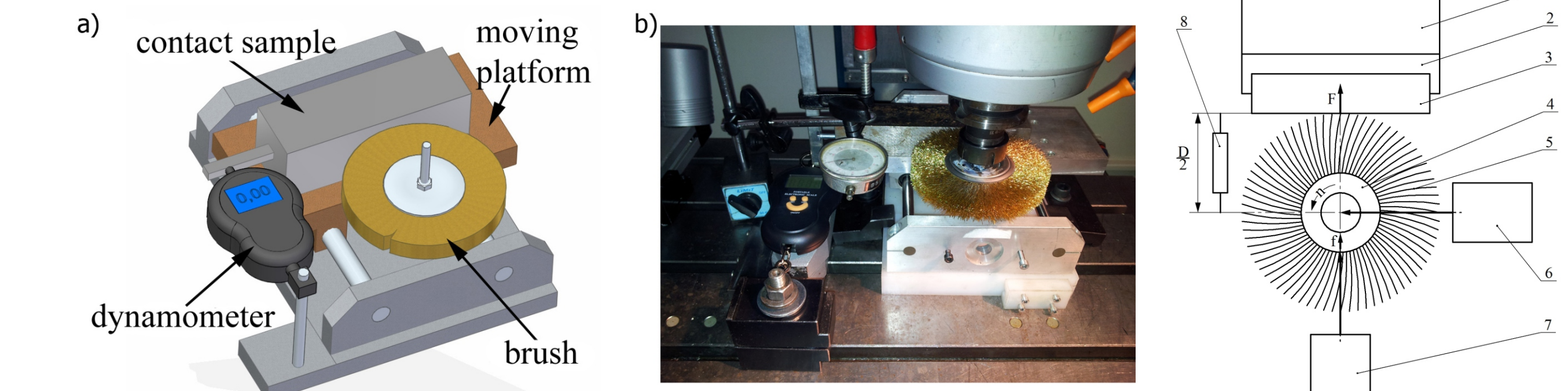
Rys. 4. Zarysy ścianek utwardzonych w przekrojach poprzecznych, długości ścianki 50mm; wartość wysięgu narzędzi: a) L=25mm; b) L=85mm  
Fig. 4. The outlines of constrained walls in cross-sections, the length of the wall 50mm; the value of outreach tools: a) L = 25mm, b) L = 85mm



Rys. 5. Zarysy ścianek nieutwardzonych w przekrojach poprzecznych, długości ścianki 30mm; wartość wysięgu narzędzi: a) L=25mm; b) L=85mm  
Fig. 5. The outlines of unconstrained walls in cross-sections, the length of the wall 30mm; the value of outreach tools: a) L = 25mm, b) L = 85mm



Rys. 7. Korzystne efekty po obróbce szczotkowaniem  
Fig. 7. Positive effects after brushing process: 1. deburring, 2. surface quality, 3. hardness increase of the surface layer, 4. compressive residual stress



Rys. 8. Urządzenie do gratowania przedmiotów płaskich zwłaszcza wycinanych laserem: 1. przedmiot obrabiany, 2. krążki dociskające, 3. elementy sprężyste, 4. nakrętki, 5. elementy osiowe, 6. łożyska, 7. korpus  
Fig. 8. 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

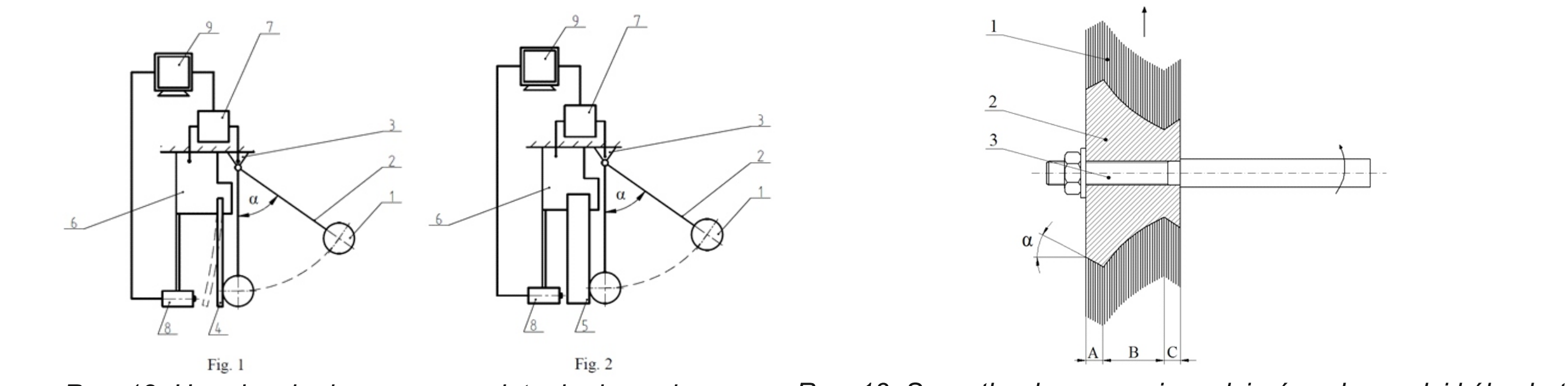
Rys. 9. Urządzenie do pomiaru średnicy dynamicznej szczotki: 1. siłomierz, 2. uchwyt, 3. próbka, 4. szczotka walcowa, 5. wiązka szczotki, 6. mechanizm napędowy ruchu obrotowego, 7. mechanizm napędowy ruchu posuwowego, 8. przyrząd do pomiaru długości  
Fig. 9. Test stand for dynamic diameter determination 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

#### Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego

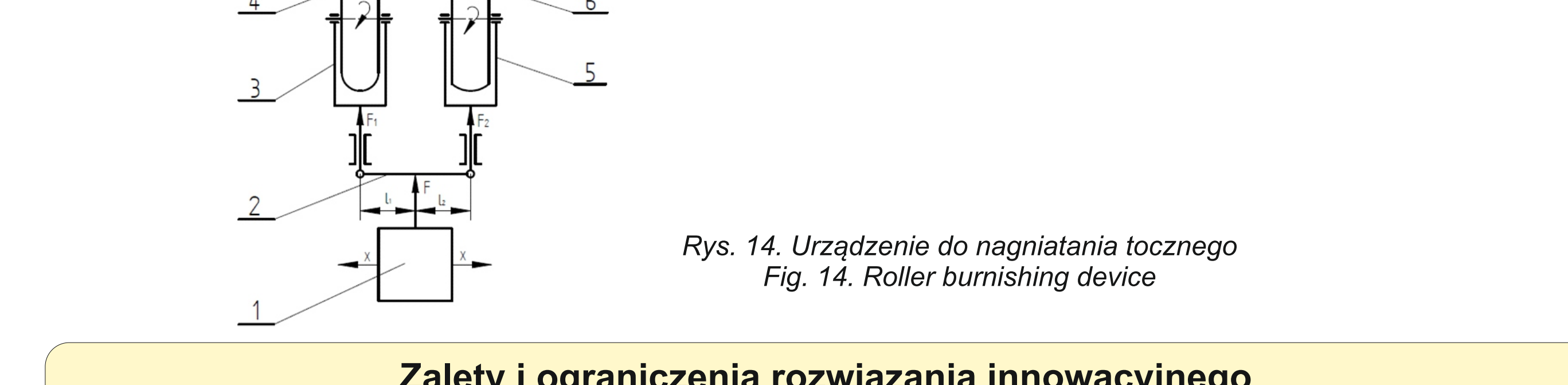
Visualization of the innovative solution



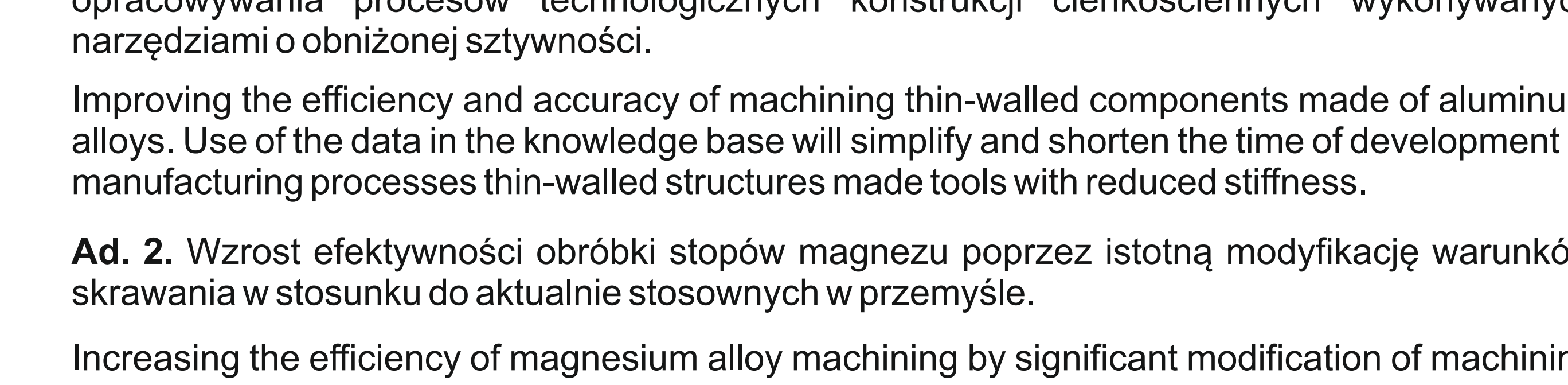
Rys. 10. Szczotka czołowa do usuwania zadziorów: 1. trzpień, 2. tuleja, 3. sekcja włókien wygładzających, 4. sekcja włókien usuwających  
Fig. 10. Deburring face brush: 1. arbor, 2. body, 3. internal ring, 4. external ring, 5. section of smoothing fibers, 6. section of removal fibers



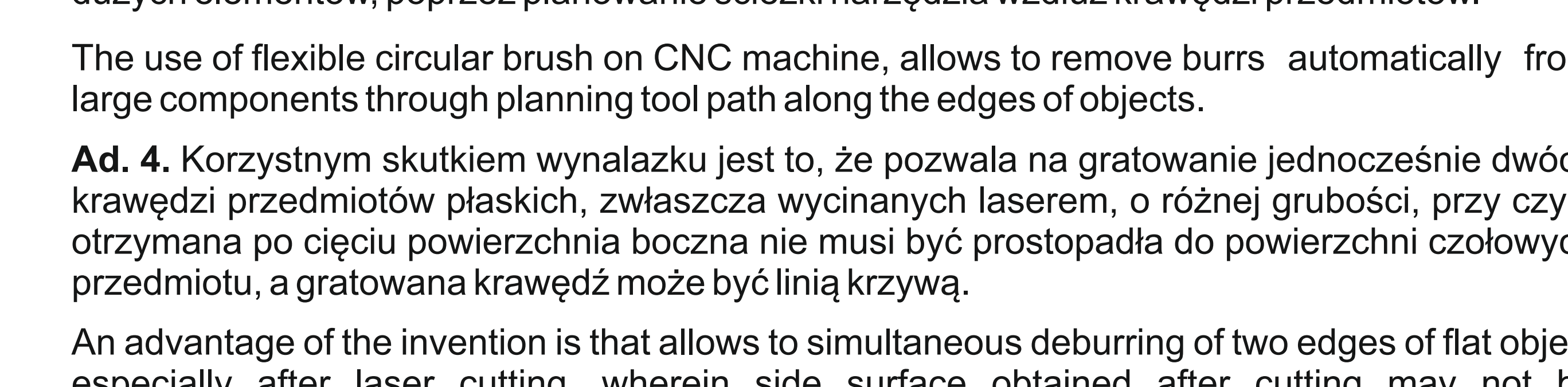
Rys. 11. Szczotka walcowa do usuwania zadziorów: 1. trzpień, 2. tuleja, 3. sekcja włókien wygładzających, 4. sekcja włókien usuwających  
Fig. 11. Deburring cylindrical brush: 1. arbor, 2. sleeve, 3. section of smoothing fibers, 4. section of removal fibers



Rys. 12. Urządzenie do oceny nagniatania dynamicznego  
Fig. 12. Device for shot peening process analysis



Rys. 13. Szczotka do usuwania zadziorów z krawędzi kół zębatych  
Fig. 13. Brush for removing burrs from the edges of the gears



Rys. 14. Urządzenie do nagniatania tocznego  
Fig. 14. Roller burnishing device

#### Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego

Advantages and restrictions of innovative solution

**Ad. 1.** Wzrost efektywności i dokładności obróbki elementów cienkościennych wykonanych ze stopów aluminium. Wykorzystanie danych zawartych w bazie wiedzy uproszczy i skróci czas opracowywania procesów technologicznych konstrukcji cienkościennych wykonywanych narzędziami o obniżonej sztywności.

Improving the efficiency and accuracy of machining thin-walled components made of aluminum alloys. Use of the data in the knowledge base will simplify and shorten the time of development of manufacturing processes thin-walled structures made tools with reduced stiffness.

**Ad. 2.** Wzrost efektywności obróbki stopów magnezu poprzez istotną modyfikację warunków skrawania w stosunku do aktualnie stosowanych w przemyśle.

Increasing the efficiency of magnesium alloy machining by significant modification of machining conditions compared to those which are currently applied in the industry.

**Ad. 3.** Zastosowanie elastycznych szczotek walcowych na obrabiarkach sterowanych numerycznie pozwoli w sposób automatyczny przeprowadzić obróbkę usuwania zadziorów z dużych elementów, poprzez planowanie ścieżki narzędzia wzdłuż krawędzi przedmiotów.

The use of flexible circular brush on CNC machine, allows to remove burrs automatically from large components through planning tool path along the edges of objects.

**Ad. 4.** Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na gratowanie jednocześnie dwóch krawędzi przedmiotów płaskich, zwłaszcza wycinanych laserem, o różnej grubości, przy czym otrzymana po cięciu powierzchnia boczna nie musi być prostopadła do powierzchni czołowych przedmiotu, a gratowana krawędź może być linią krzywą.

An advantage of the invention is that allows to simultaneous deburring of two edges of flat object especially after laser cutting, wherein side surface obtained after cutting may not be perpendicular to the faces of the object, and deburring edge may be a curve.

#### Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki

Examples of application in aviation and other branches

1. Baza wiedzy dotycząca obróbki stopów Al. (konstrukcje cienkościennie, obróbka narzędziami o różnej sztywności).
2. Baza wiedzy na temat bezpiecznej i efektywnej obróbki stopów Mg.
3. Technologia i urządzenia do efektywnego usuwania zadziorów bezpośrednio na centrach CNC.
4. Sposoby i urządzenia do usuwania zadziorów z przedmiotów o różnych cechach geometrycznych, w tym kół zębatych.
5. Oferta nowych rozwiązań szczotek dla producentów tego typu narzędzi.

1. The knowledge base of machining aluminum alloys.
2. The knowledge base safe and effective of machining magnesium alloys.
3. Technology and equipment for efficient deburring directly on the CNC centers.
4. Methods and apparatus for removing burrs from subjects with different geometrical features, including gears.
5. Offer new solutions brushes for manufacturers of this type of tools.