

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

Plastyczne kształtowanie stopów magnezu (kucie precyzyjne, tłoczenie, wyciskanie, itd.)

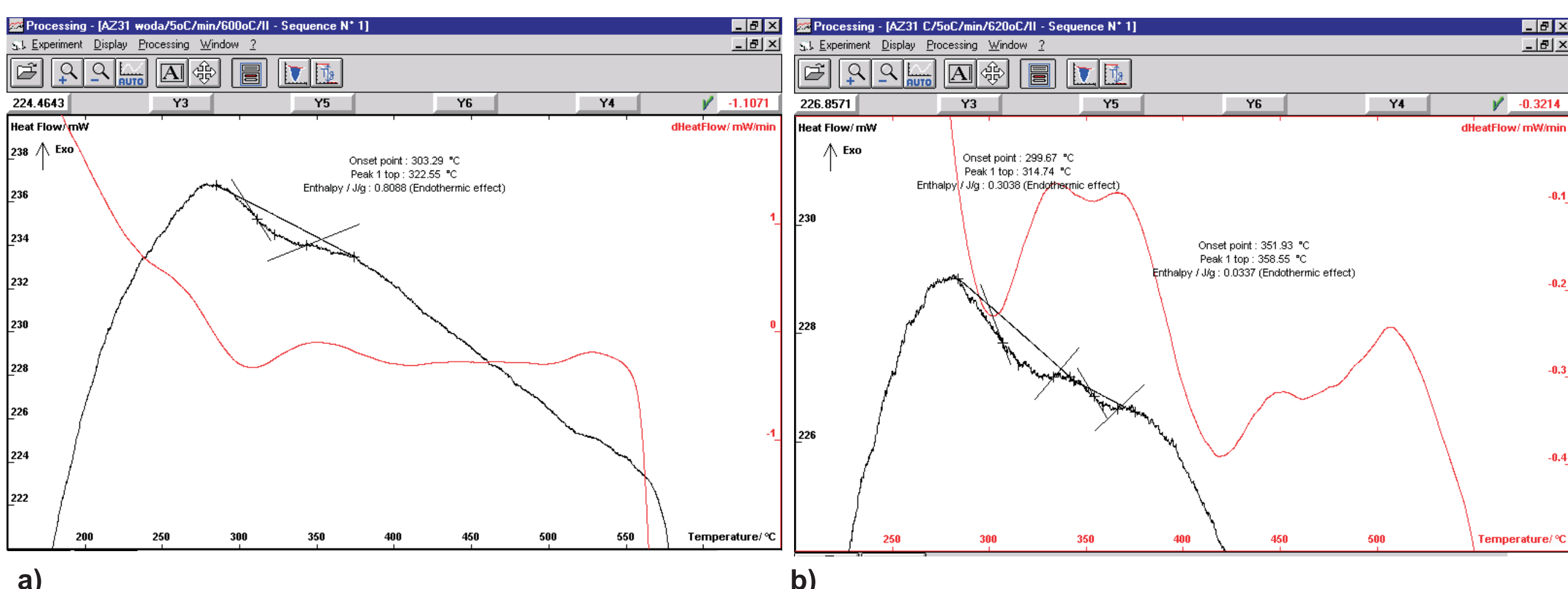
Plastic forming of magnesium alloys (precision forging, stamping, extrusion, etc.)

Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Instytut Lotnictwa w Warszawie

Wyniki badań Results

Analiza DSC stopu magnezu AZ31 DSC analysis of magnesium AZ31 alloy

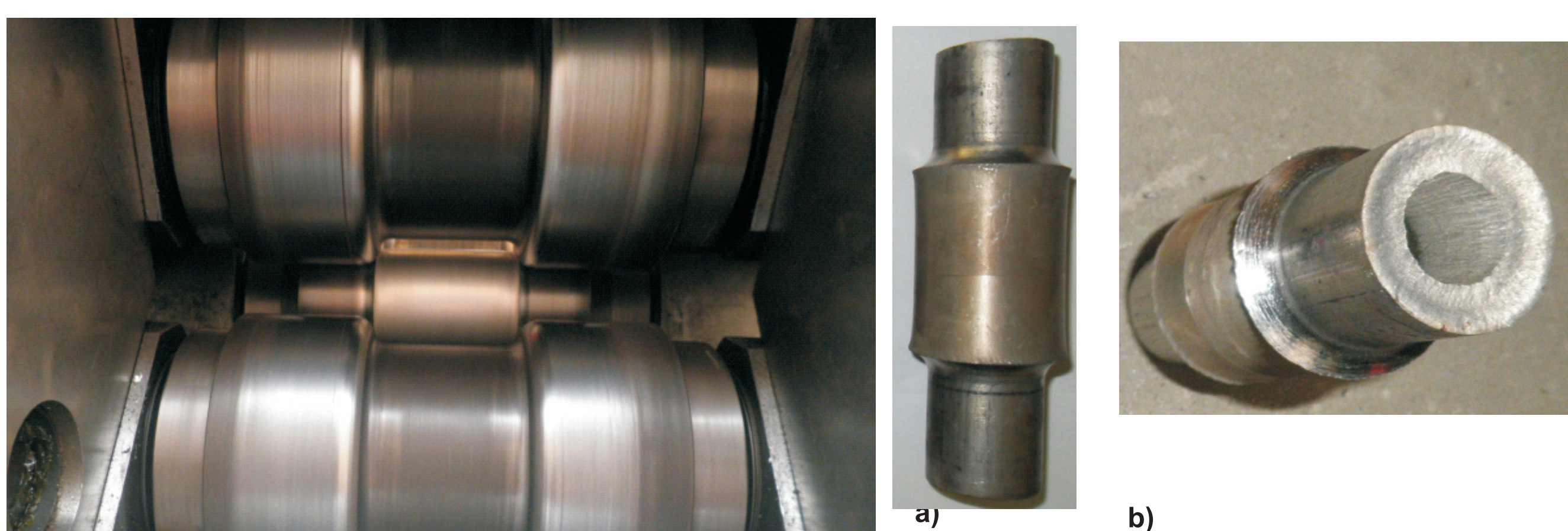
Temperaturę przemian fazowych w odlewanym stopie magnezu AZ31 określono metodą różnicowej kalometrii skaningowej (DSC), przy użyciu kalorymetru multi HTC. Temperaturę likwidus stopu określano w maksimum endotermicznego efektu cieplnego podczas ogrzewania. W pierwszym etapie badań określono temperaturę likwidus i entalpię topnienia stopu. Z krzywych wynika, że temperatura likwidus stopu AZ31 wynosi 640°C, zaś entalpia przemiany 264 J/g. Temperatury początku rozpuszczania i wydzielania faz z układu Mg-Al, nie udało się dokładnie określić, ponieważ moment odchylenia krzywej DSC w kierunku endotermicznego i egzotermicznego efektu reakcji nie był wyraźny. Wynikła stąd konieczność dodatkowych analiz, które przeprowadzono na próbkach o masie 710 mg i szybkości grzania oraz chłodzenia 5°C/min. Badania przeprowadzono w zakresie temperatury do 610°C, to jest poniżej temperatury topnienia. Analizując krzywe DSC stwierdzono, że dla próbki AZ31 „W” przy temperaturze około 300°C występuje endotermiczna reakcja (rys. 1a). Można przypuszczać, że efekt ten związany jest z rozpuszczaniem którejś fazy z układu Mg-Al. Podobny efekt występuje w próbce AZ31 „C” (rys. 1a). W tym przypadku reakcja przebiega dwuetapowo. Pierwsza reakcja zachodzi w temperaturze około 300°C, druga w temperaturze 350°C.



Rys.1. Fragment krzywej DSC otrzymanej podczas grzania (a) oraz chłodzenia (b) stopu AZ31 „W”. Widoczne efekt endotermiczne (linia czerwona oznacza pochodną)
Fig.1. Fragment krzywej DSC otrzymanej podczas grzania (a) oraz chłodzenia (b) stopu AZ31 „W”. Widoczne efekt endotermiczne (linia czerwona oznacza pochodną)

Obciskanie obrotowe odkuwek drążonych ze stopów magnezu Rotary compression of hollow forgings from magnesium alloys of AZ31 type.

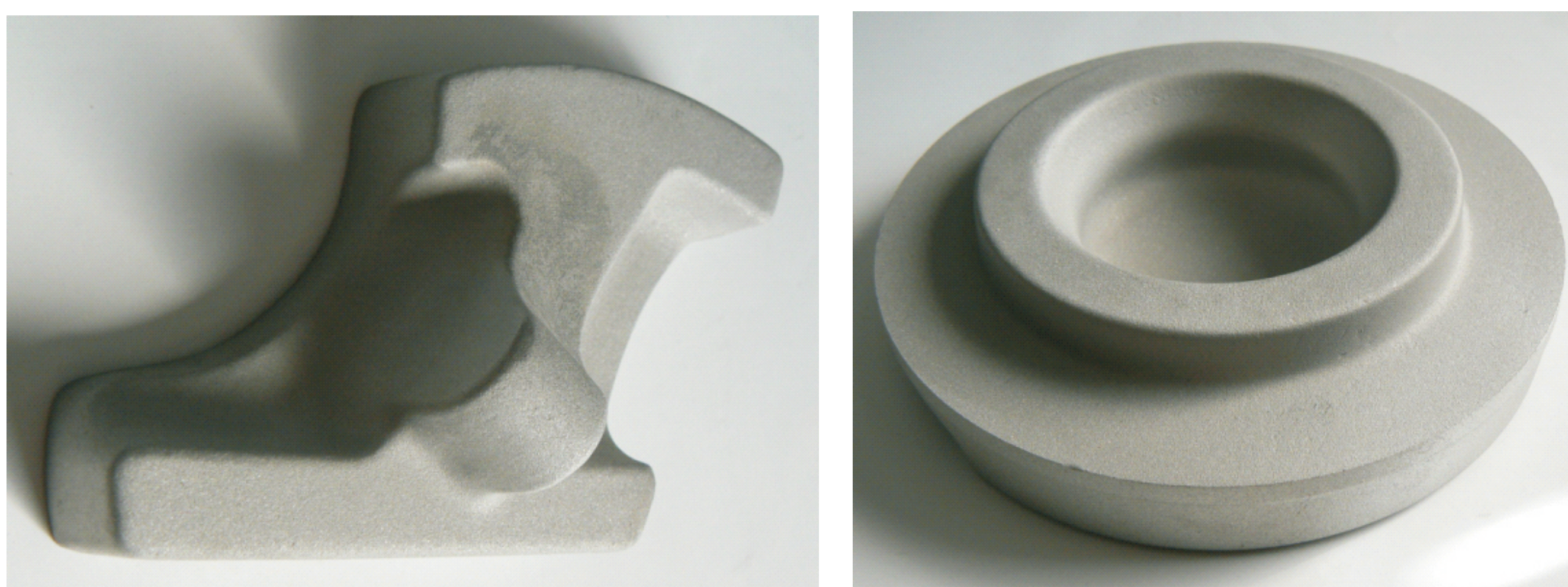
W ramach zadania badawczego przeprowadzono próby obciskania obrotowego drążonych odkuwek stopniowanych wałków elementarnych ze stopu magnezu AZ31 (rys. 2). W prowadzonych próbach kształtowania skrajnych stopni odkuwki elementarnego wałka analizowano wpływ wielkości gniotu na jakość uzyskanych odkuwek. W przypadku stosowania gniotu mniejszego od wartości granicznej uzyskano prawidłowe odkuwki drążone (rys. 3a). Przy założeniu większych od granicznej wartości gniotu dochodzi do pęknięcia wzdłużnego kształtowanych stopni (rys. 3b).



Rys.2. Przebieg procesu obciskania obrotowego drążonej odkuwki stopniowanego wałka elementarnego ze stopu magnezu AZ31
Fig.2. Rotary compression process course of basic shaft hollow forging from magnesium alloy AZ31
Rys.3. Odkuwka prawidłowa (bez pęknięć) (a) Odkuwka wadliwa (z pęknięciami) (b)
Fig.3. Proper forging (without cracking) (a), faulty forging (with cracking). (b)

Opracowanie ramowej technologii kucia stopów magnezu Working out of magnesium alloys forging technology

W ramach zadania opracowano ramowy proces kucia odkuwek ze stopów magnezu. Na podstawie wytycznych technologicznych odciski wybrane odkuwki ze stopu AZ31 w warunkach Zakładu Obróbki Plastycznej Sp. z o.o. w Świdniku (rys.4).



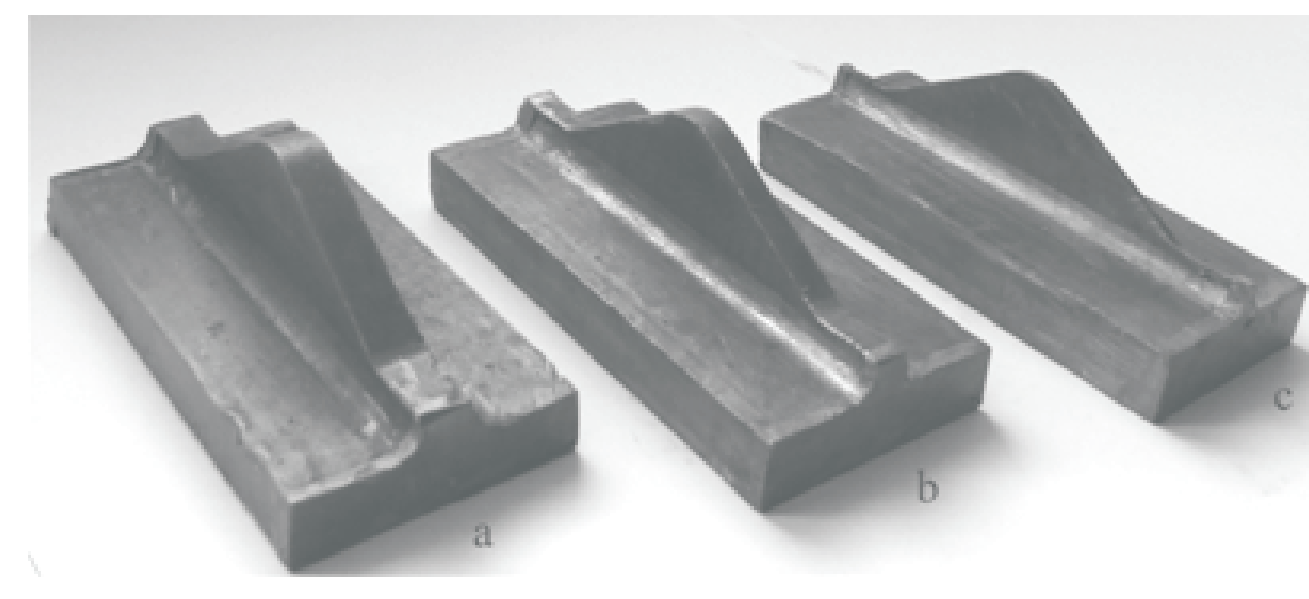
Rys. 4. Przykłady odkuwek wykonanych ze stopu AZ31
Fig.4. Samples of forging developed from AZ31 alloy

Badania doświadczalne procesu kucia odkuwek płaskich z żebrami o zarysie trójkątnym Experimental researches of forging process of flat with triangle outline rib

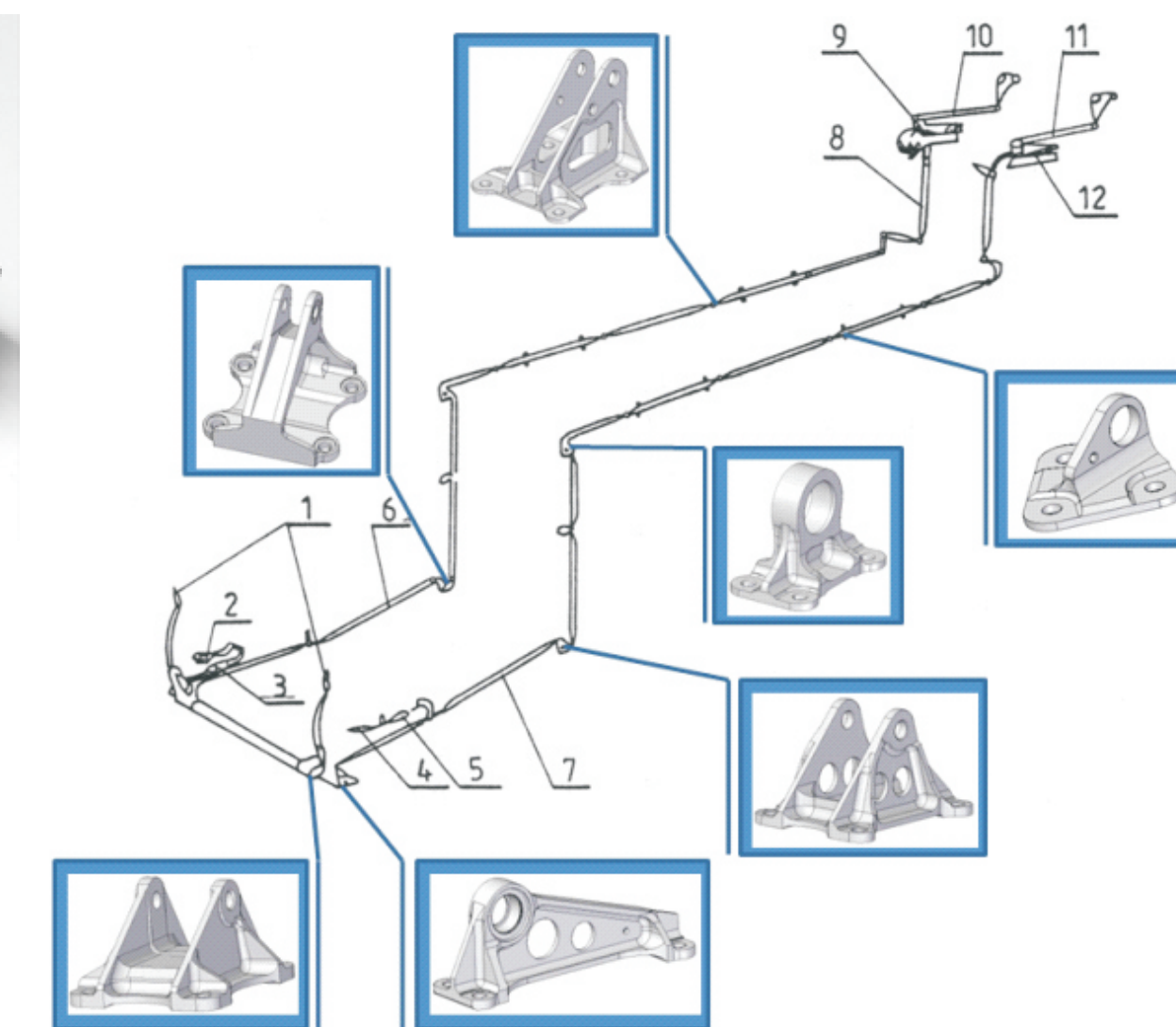
W ramach zadania przeprowadzono badania doświadczalne nowej metody kształtowania wsporników z żebrami o zarysie trójkątnym (rys.5). Na podstawie uzyskanych rezultatów zidentyfikowano zjawiska ograniczające badany proces. Wyznaczono również graniczny współczynnik kształtowania zależny od wymiarów wsadu, przy którym proces przebiega bez zakłóceń. Przykłady wykorzystania wyrobów płaskich z żebrami w układzie sterowania w śmigłowcu pokazano na rys.6.

Rys. 4. Przykłady wytłoczek wykonanych ze stopu AZ31
Fig.4. Samples of stamping developed from AZ31 alloy

Wyniki badań Results



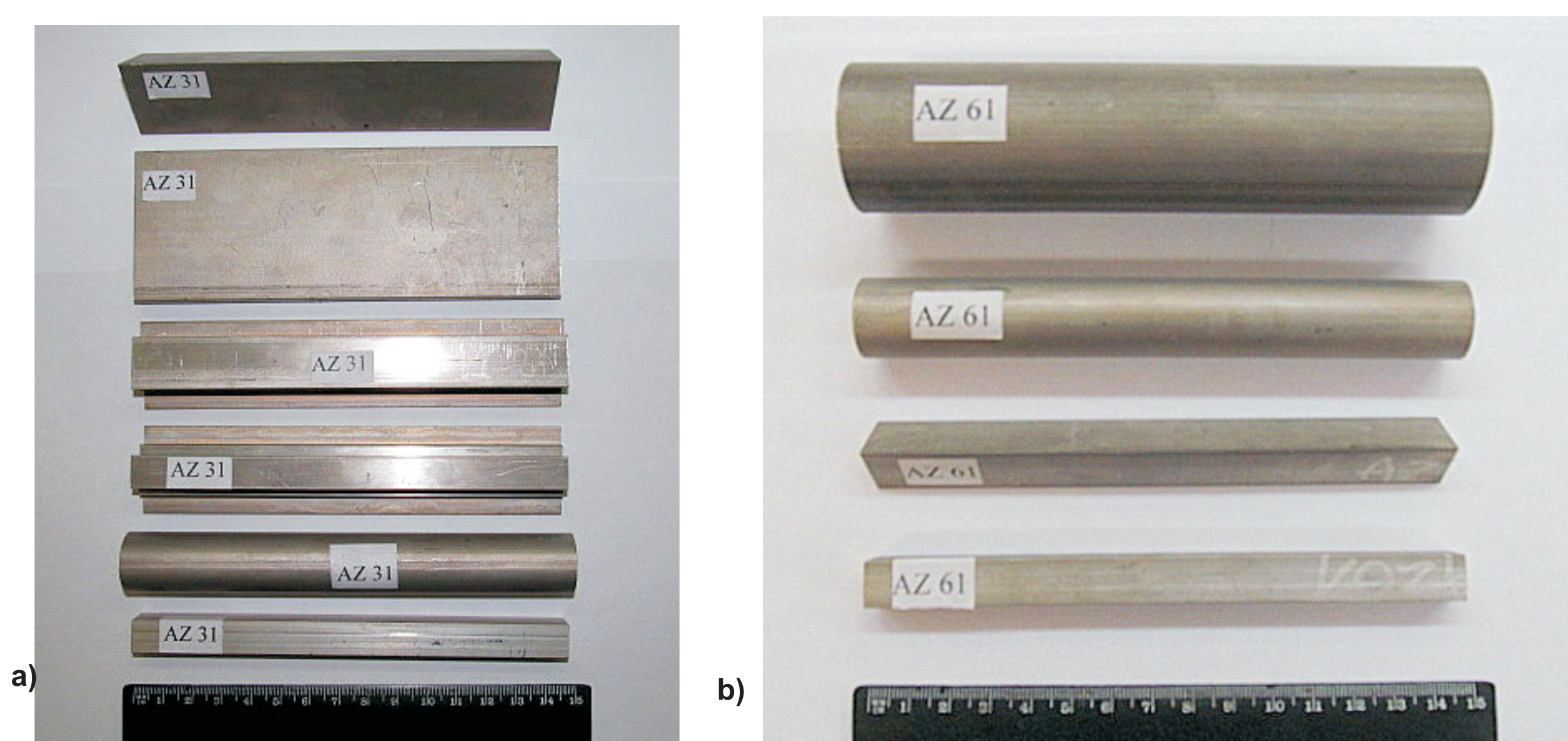
Rys. 5. Kształt odkuwek z żebrami o zarysie trójkątnym o grubości: a) 9 mm, 6 mm, 1 mm
Fig. 5. Shape of flat with triangle outline rib with diameter: a) 9 mm, 6 mm, 1 mm



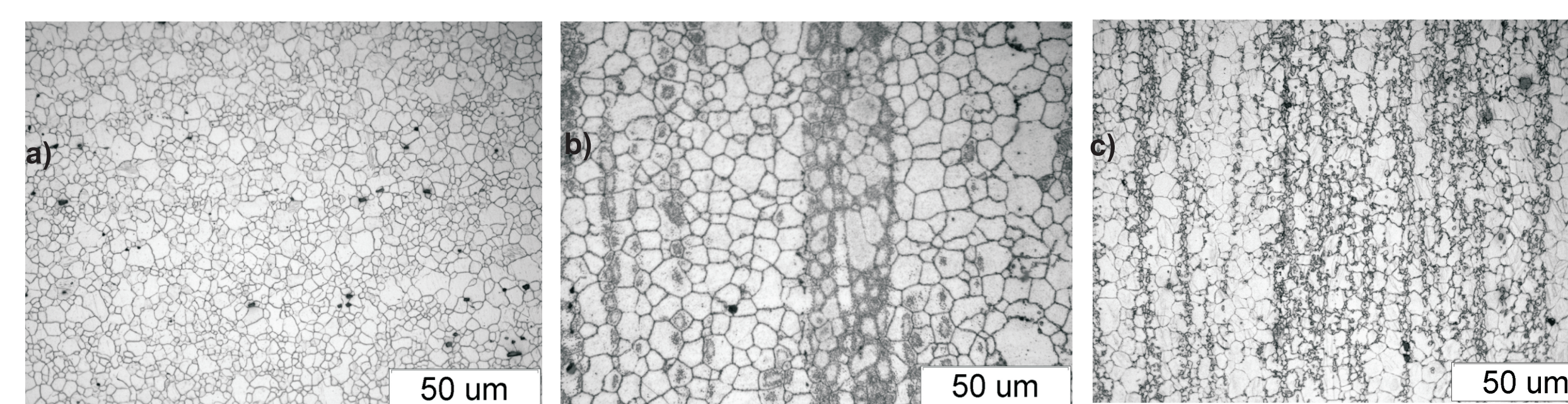
Rys. 6. Przykłady wykorzystania wyrobów płaskich z żebrami w układzie sterowania w śmigłowcu
Fig. 6. Examples of using of flat with triangle outline rib in control system of helicopter

Mikrostruktura i właściwości stopów po wyciskaniu Microstructure and properties of alloys after extrusion

Badania wykonano na prasie w Politechnice Rzeszowskiej. Wyciskano profile ze stopów AZ31, AZ61 i AZ80 o różnym kształcie przekroju poprzecznego (rys. 7). Analizowano mikrostrukturę (rys. 8) oraz wyznaczono podstawowe właściwości mechaniczne



Rys. 7. Wyroby wyciskane ze stopów magnezu a - AZ31, b - AZ61
Fig.7. Developed products from magnesium alloys a - AZ31, b - AZ61



Rys.8. Mikrostruktura stopów magnezu po wyciskaniu - AZ31, b - AZ61, c - AZ80
Fig.8. Microstructure of magnesium alloys after extrusion- AZ31, b - AZ61, c - AZ80

Wyniki prób tłoczenia blach ze stopu AZ31 Results of stamping tests of sheets from AZ31

Wykonano próby tłoczenia na blachach ze stopu AZ31 o grubości 2 mm. Próbę przeprowadzono metodą Świfta ze średnicą stempla $\phi 40$ mm, próby prowadzono na pokazanym urządzeniu w temperaturze 200, 250, 300 i 350°C z prędkością ruchu stempla 1mm/s. Stosowane specjalną folie, która. Wykonane wytłoczki pokazano na rys. 9. W trakcie próby rejestrowano siłę i przemieszczenie w tablicy. Wyniki wskazują na podatność do kształtowania metodą tłoczenia, już w temperaturze 200°C. Dla stopu AZ31 zarejestrowana siła wynosiła od 23kN w temperaturze 200°C. Wraz z podwyższeniem temperatury próby wartość siły zmniejszała się do 10kN w temperaturze 350°C. Stwierdzono więc podatność do kształtowania blach ze stopów magnezu metodą tłoczenia w podwyższonej temperaturze.



	Przemieszczenie l [mm]	Siła maksymalna Fm [kN]
AZ31_200°C	14,40	23,63
AZ31_250°C	14,04	16,35
AZ31_300°C	15,36	12,31
AZ31_350°C	15,43	10,13

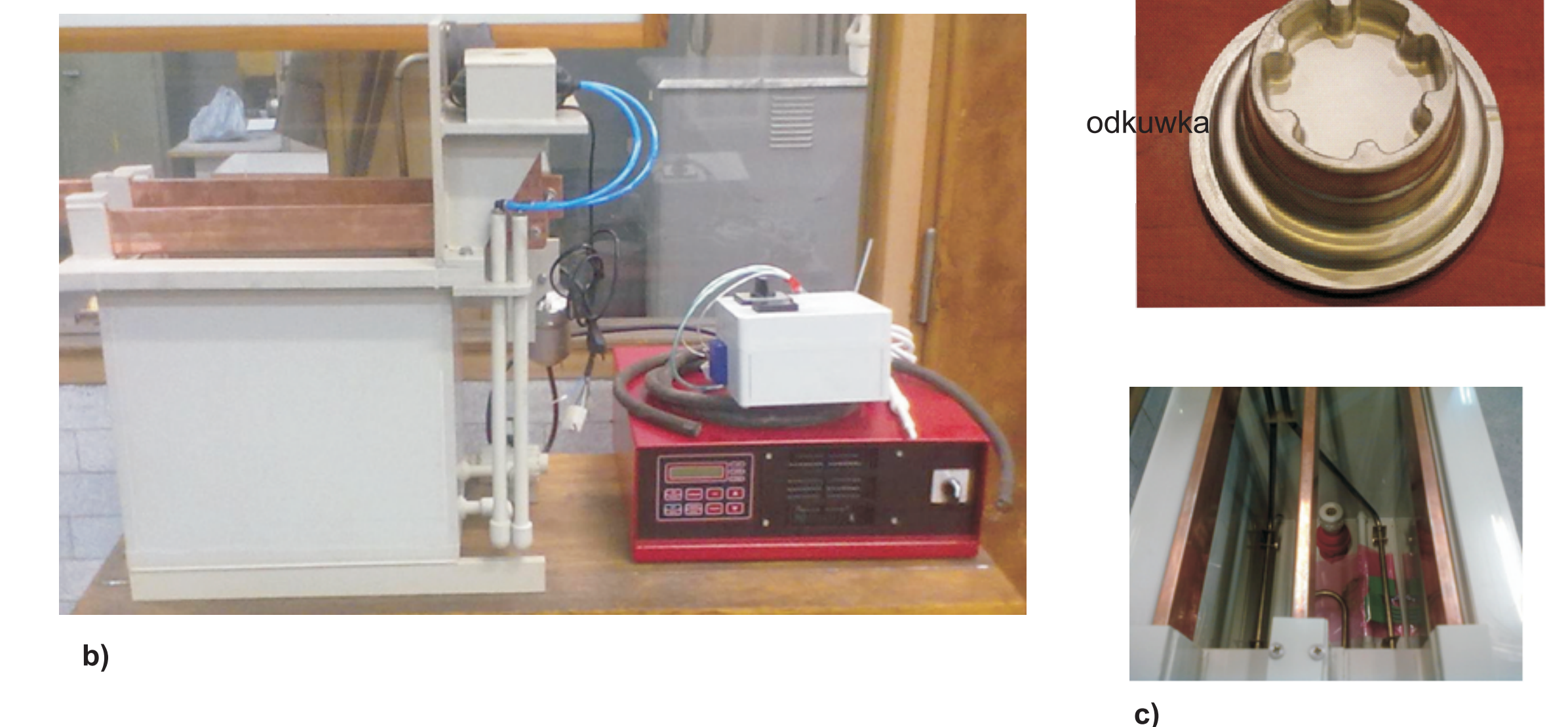


Rys. 4. Przykłady wytłoczek wykonanych ze stopu AZ31
Fig.4. Samples of stamping developed from AZ31 alloy

Wyniki badań Results

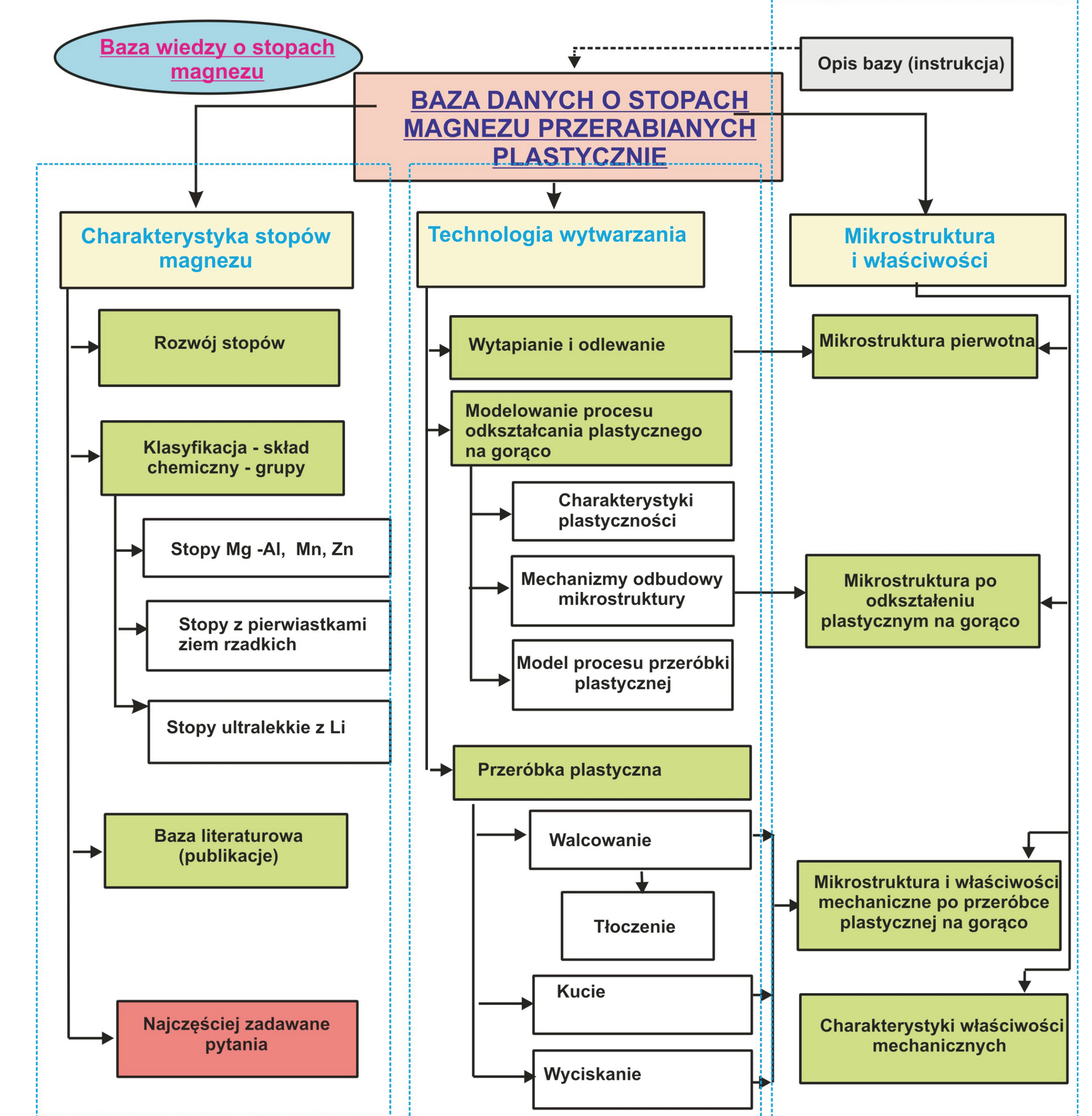
Powłoki nakładane metodą galwanotechniczną na wyrobach ze stopów magnezu Coating using electroplating on products from magnesium alloy

Opracowano wstępne założenia do Stanowisko laboratoryjne do nakładania powłok galwanicznych wyposażone w sterowalne źródło napięcia. Jako źródło napięcia wykorzystano zasilacz dedykowany technologiom galwanicznym, typ: Quasar 500. CRS QUASAR 500 to nowoczesne prostowniki wysokoczęstotliwościowe - dla galwanotechniki, anodowania aluminium- istopów magnezu. Kompletnie stanowisko do nakładania powłok składa się z zasilacza oraz wanny roboczej pokazano na rysunku.



Komputerowa baza danych Computer database

Na rysunku pokazano schemat komputerowej bazy danych o przerabianych plastycznie stopach magnezu. Baza wiedzy obejmuje dane literaturowe o stopach oraz technologie wytwarzania wyrobów ze stopów magnezu opracowanych również w ramach projektu.



Wnioski Conclusions

1. Stwierdzono, że możliwe jest wykształcenie odkuwek ze stopu magnezu w warunkach polskiego przemysłu. Otwiera to nowe możliwości dla krajowego przemysłu lotniczego w zakresie stosowania odkuwek ze stopów magnezu w konstrukcjach lotniczych.
2. Wyciskanie na prasie hydraulicznej umożliwia wytworzenie profili o skomplikowanym kształcie i właściwej mikrostrukturze, zaś ze stopu AZ61 i AZ80 elementy o bardziej skomplikowanym kształcie
3. Stwierdzono podatność do kształtowania blach ze stopów magnezu metodą tłoczenia w podwyższonej temperaturze. Przeprowadzone badania będą wykorzystane do optymalizacji procesu wytwarzania elementu konstrukcyjnego ze stopu magnezu typu AZ31.
3. Opracowano algorytm bazy danych zawierające informacje o stopach magnezu i metodach ich przetwarzania metodami przeróbki plastycznej.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Publikacje:

1. Kuc D., Hadasik E., Mizera J., Mikuszewski T.: *Plasticity and microstructure of magnesium - lithium alloys*, Solid State Phenomena Vol. 212, 2014, pp 11-14.
2. Prondziona J., Hadasik E., Walke W., Szala J., Wiczorek J.: *Resistance to Electrochemical Corrosion of Extruded Magnesium Alloy AZ61*, Key Engineering Materials Vol. 607 (2014) pp 31-36 Trans Tech Publications, Switzerland.
3. Cieśla M.: *High-Cycle Fatigue Life of AZ31 and AZ61 Magnesium Alloys*, Solid State Phenomena Vol. 211, 2014, pp.83-88.
4. Kuc D., Hadasik E., Mrugała A.: *Plasticity and microstructure of Mg - Li alloys*; Metal 2014, May 21st – 23rd 2014, Brno, Czech Republic, EU; Metal 2014, 23 rd International Conference on Metallurgy and Materials s.53
5. Hadasik E., Kuc D.: *High-temperature characteristics of plasticity of magnesium alloys*, Metal 2014, May 21st – 23rd 2014, Brno, Czech Republic, EU; Metal 2014, 23 rd International Conference on Metallurgy and Materials s.53 Sontar A., Pater Z., Drozdowski K.: *Hammer Forging Process of Lever Drop Forging from AZ31 Magnesium Alloy*, Metalurgia 52 (2013) 3, 359-362
6. S. Rusz, L. Cizek, M. Salajka, S. Tylsa R., J.Kedron V. Michenka, T. Donic, E. Hadasik, M. Klos: *Ultrafine grain refinement of ALMn1Cu and AZ 31 alloys by spd process*Dane: Archives of Metallurgy and Materials, Vol. 59, 2014, s. 359-364

Referaty:

1. Kuc D., Hadasik E., Mrugała A.: *Plasticity and microstructure of Mg - Li alloys*; Metal 2014, May 21st – 23rd 2014, Brno, Czech Republic, EU; Metal 2014, 23 rd International Conference on Metallurgy and Materials s.53
2. Hadasik E., Kuc D.: *High-temperature characteristics of plasticity of magnesium alloys*, Metal 2014, May 21st – 23rd 2014, Brno, Czech Republic, EU; Metal 2014, 23 rd International Conference on Metallurgy and Materials s.53

Prace mgr. dr. hab.

Prace magisterskie:
inż. Michał Penkalis: Określenie plastyczności stopów magnezu w próbach plastometrycznych, obrona czerwiec 2014.
promotor dr inż. Marek Tkocz