

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

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

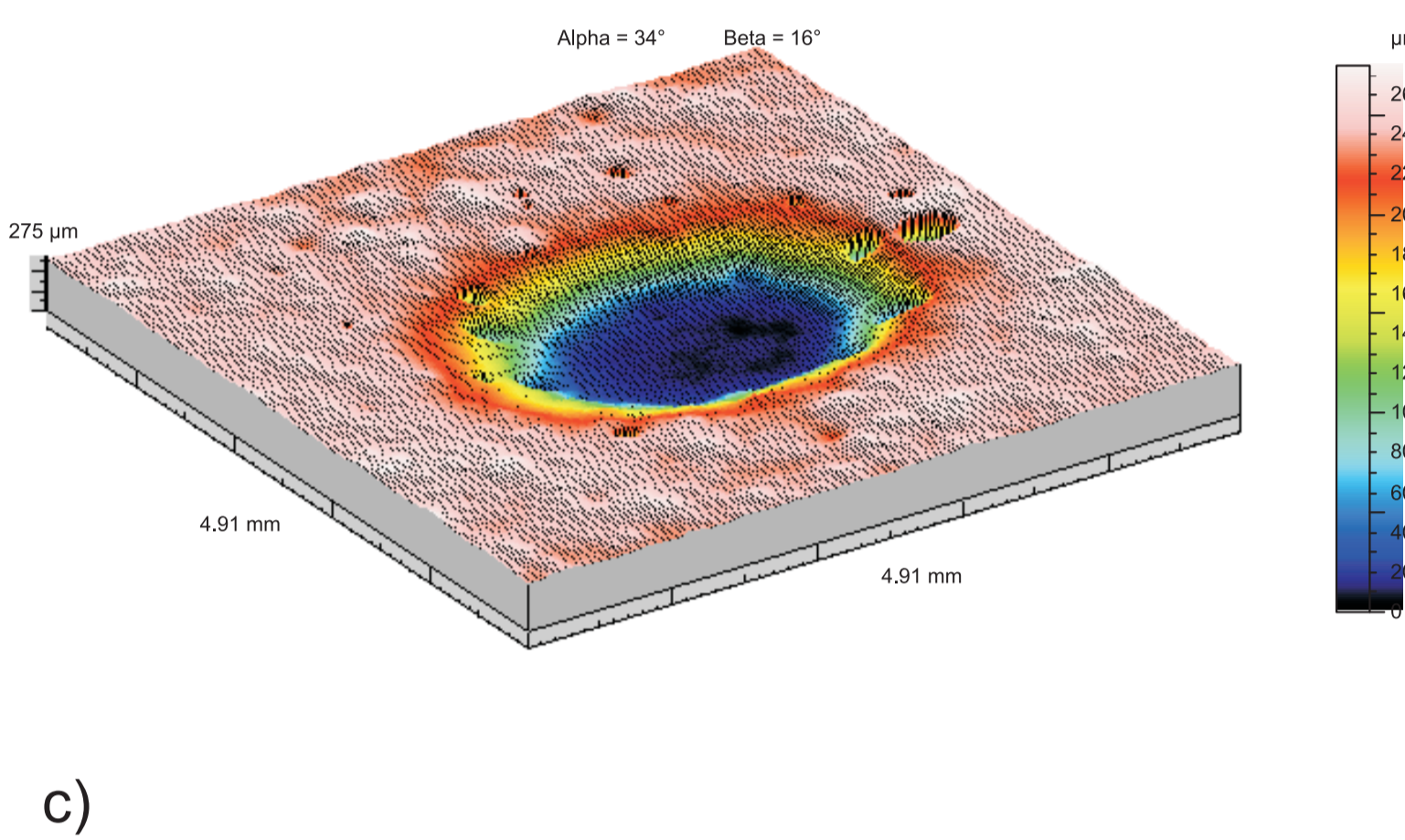
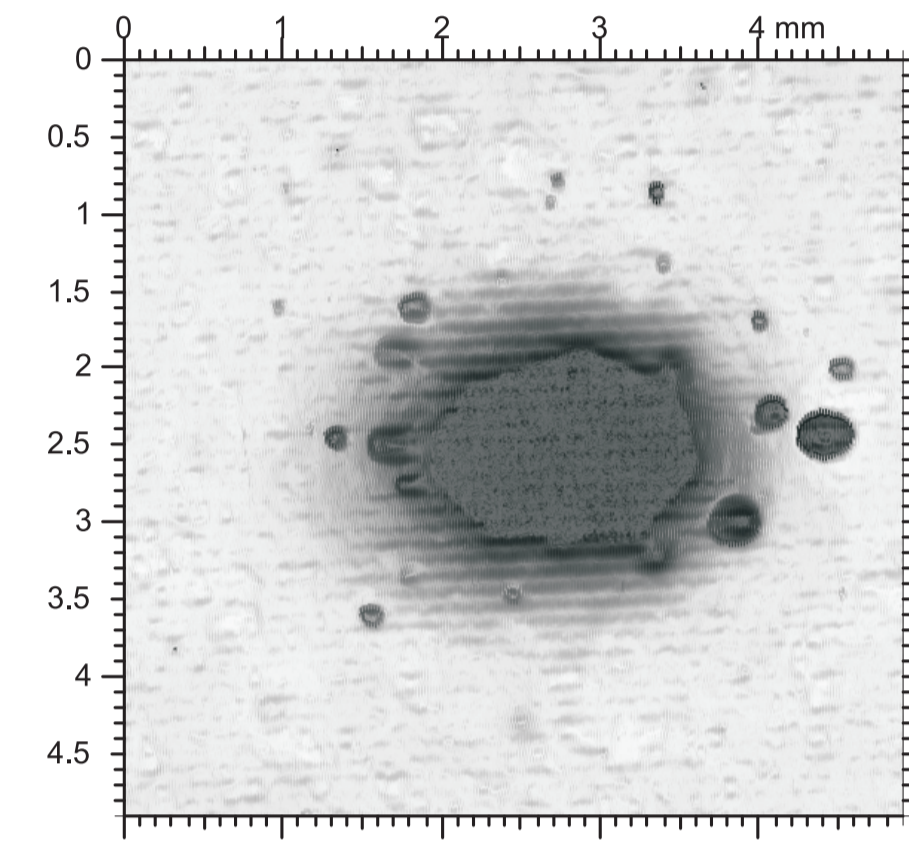
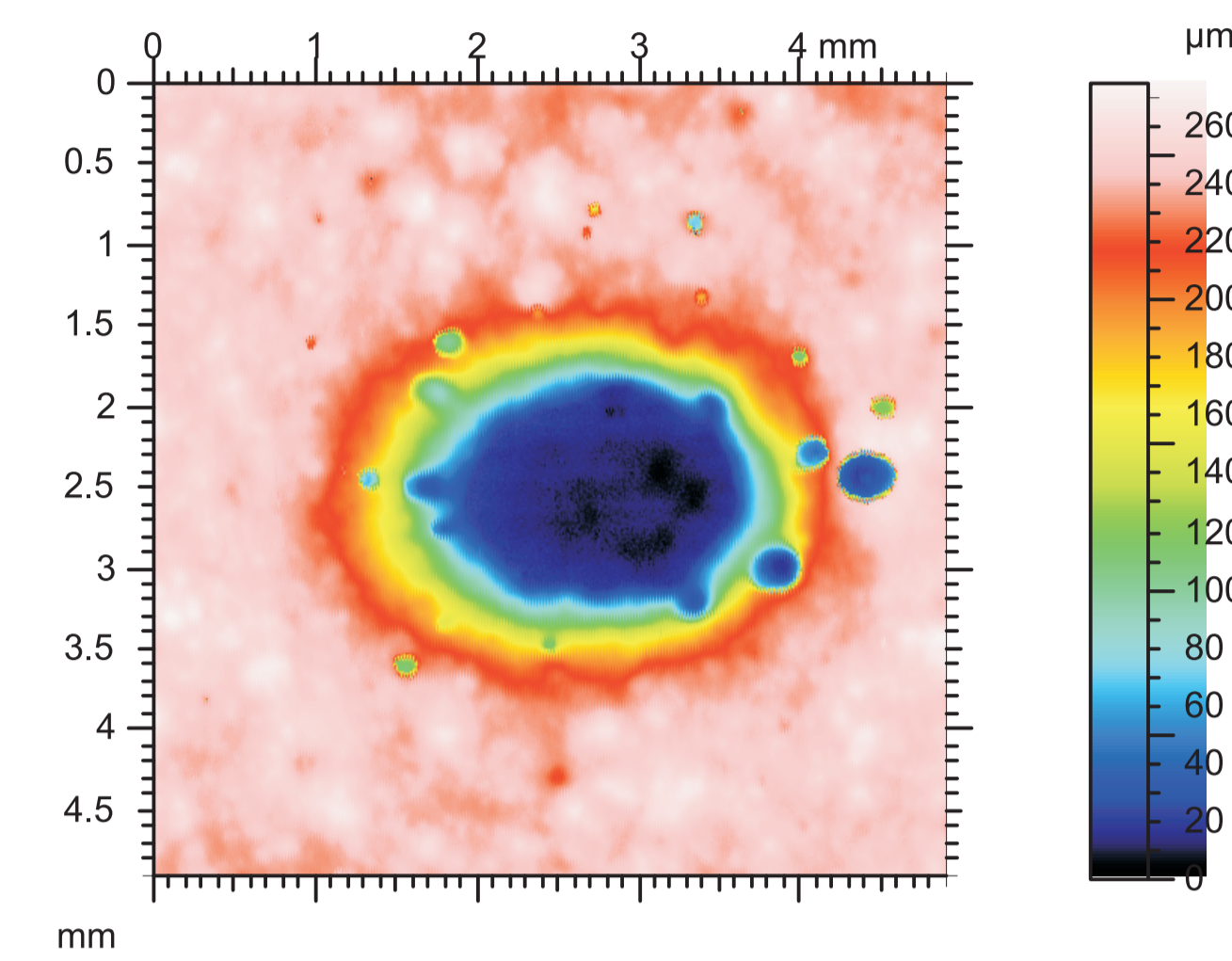
### Plastic forming of magnesium alloys (precision forging, stamping, extrusion, etc.)

Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

#### Wyniki badań Results

#### Badania tłoczności blach ze stopów magnezu Magnesium alloys sheet metals drawability

Wykonano próby tłoczenia na blachach ze stopu AZ31 o grubości 2 mm. Próbę przeprowadzono metodą Swifta ze średnicą stempla  $\phi 40$ mm, próby prowadzono w temperaturze od RT do 350°C z prędkością ruchu stempla 1mm/s. Stosowane specjalną folie teflonowe. Wykonane wyłoczki pokazano na rysunku. W trakcie próby rejestrowano siłę i przemieszczenie wyniki pokazano w tablicy. Możliwość tłoczenia elementów w temperaturze 20+200°C jest ograniczona. Wyłoczki procesowane w temperaturze 20+150°C nie są kwalifikowane jako dobre wyłoczki. Pojawiają się pęknięcia czy urwania dna. Dla 200°C wyłoczek jest poprawnych kształtów i jakości jednakże tłoczenie wymaga zbyt wysokich sił kształtowania. Dopiero podwyższenie temperatury do 250°C umożliwia otrzymanie zadowalających rezultatów. Ponadto w procesach tłoczenia w tej temperaturze można otrzymać elementy o bardziej skomplikowanych kształtach, dzięki większej odkształcalności granicznej, nie obniżając jakości wyrobu. 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 wartości siły zmniejszała się do 10kN w temperaturze 350°C. Stwierdzono więc podatność do kształtowania blach ze stopów magnezu metodą tłoczenia w podwyższonej temperaturze. Dla wskazania wpływu temperatury tłoczenia na jakość powierzchni wyrobu tłoczonego przeprowadzono badania profilografometryczne i oceniono chropowatość i falistość dla powierzchni próbek wyjściowej i po tłoczeniu w danej temperaturze. Dopuszczalny poziom chropowatości powierzchni próbką kształtowane do 250°C. Wyższa temperatura kształtowania silnie zwiększa chropowatość powierzchni, sprzyja powstawaniu bruzd i rozwarstwień powierzchni miseczek, szczególnie w obszarach naroży – przejścia ścianek bocznych w dno.



Rys. 3. Próbkę z nałożonymi powłokami: a) próbkę z powłoką polimerową, b) próbkę z powłoką lakierowaną, c) próbkę z powłokami elektrolitycznymi.  
Fig. 3. Samples with coatings : a) samples with polymer coating, b) sample with varnish coat, samples with electrolytic coating

#### Wyniki badań Results

Tablica 1. Wyniki badań erozji powłok  
Table 1. Results of investigated coating erosion

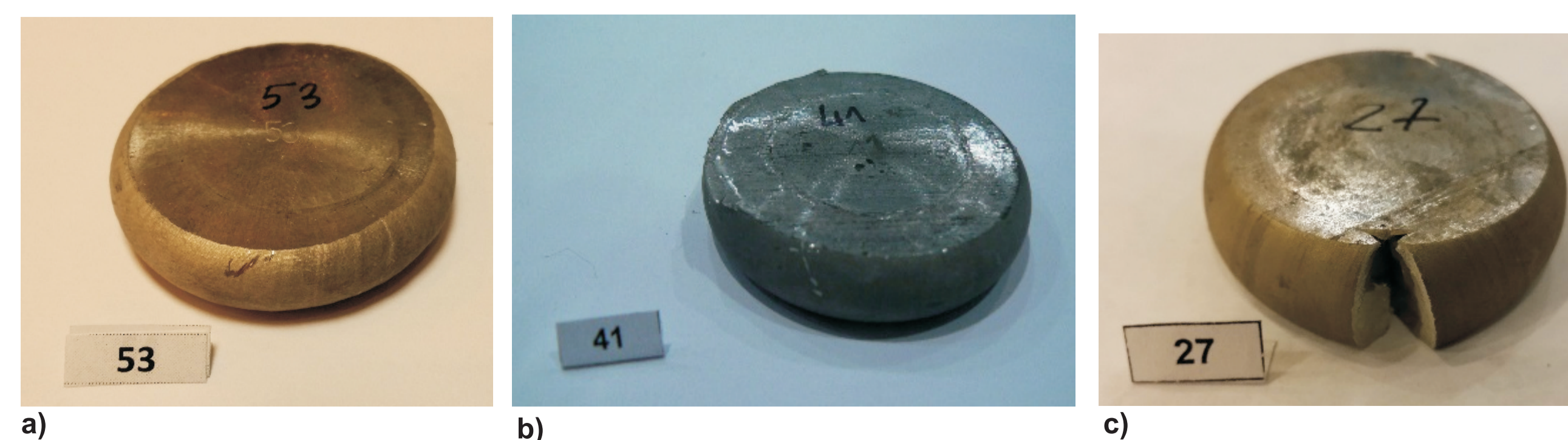
Próbka	Grubość powłoki [μm]	Czas zużycia [s]	Głębokość zużycia materiału rodzimego [μm]
1 (z proszkiem Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	220	40	18
2 (z proszkiem TiO <sub>2</sub> )	240	30	30
3 (kontrolna)	110	10	20
4 (lakierowana)	110	30	10

Próbka	Głębokość zużycia materiału rodzimego [μm]
1 (anodowana, gotowana 100-/30min/woda)	30
2 (trawiona w H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> anodowana)	25
3 (trawiona w H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , anodowana, gotowana 100-/20min/woda)	40

#### Badanie plastyczności stopów magnezu w warunkach przemysłowych w procesach kucia na prasie śrubowej i młocie kuzniczym

#### Research of plasticity of magnesium alloys in industrial conditions of forging process on screw press and forging hammer

W ramach zadania przeprowadzono badanie eksperymentalne plastyczności stopów magnezu AZ80, Mg4AlZn i WE43 na walcowych próbkach metodą próby spęczania. Badania wykonano na młocie matrycowym o średniej prędkości bijaka równej 7,5 m/s i prasie śrubowej o średniej prędkości ruchu suwaka równej 0,5 m/s. Zastosowano temperatury nagrzewania wsadu 350°C, 410°C i 450°C. Wysokość próbek była równa 1,5-krotnemu podstawowemu wymiarowi przekroju poprzecznego (średnicy) próbki. Tolerancje wymiaru wysokości próbki nie przekraczały  $\pm 5\%$ . Ze względu na zagrożenie pożarowe materiały przed grzaniem w piecu starannie oczyszczono z wszelkiej pozostałości wiórów mogących być źródłem ich potencjalnego zapalenia się wewnątrz komory roboczej pieca. Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że: 1. Stop Mg4AlZn wykazuje dobrą plastyczność przy odkształcaniu zarówno na prasie jak i na młocie (rys. 4a). Rekomenduje się, żeby procesy kucia prowadzić przy temperaturze nagrzewania równej 410°C. 2. Stop WE43 wykazuje ograniczoną plastyczność przy odkształcaniu na prasie (rys. 4b). Możliwe jest kucie na tej maszynie odłuków o prostych kształtach przy stosowaniu temperatury nagrzewania równej 410°C. Niemożliwe jest natomiast kucie tego stopu na młotach z powodu bardzo małego zapasu plastyczności w każdej z badanych temperatur. 3. Dla stopu AZ80 stosowane maszyny kuznicze mają zbyt duże prędkości odkształcania i w żadnej z badanych temperatur nie wykazywał on dobrej plastyczności (rys. 4c). Stop ten można odkształcać z małymi prędkościami (stosując prasę hydrauliczną) w warunkach izotermicznych.

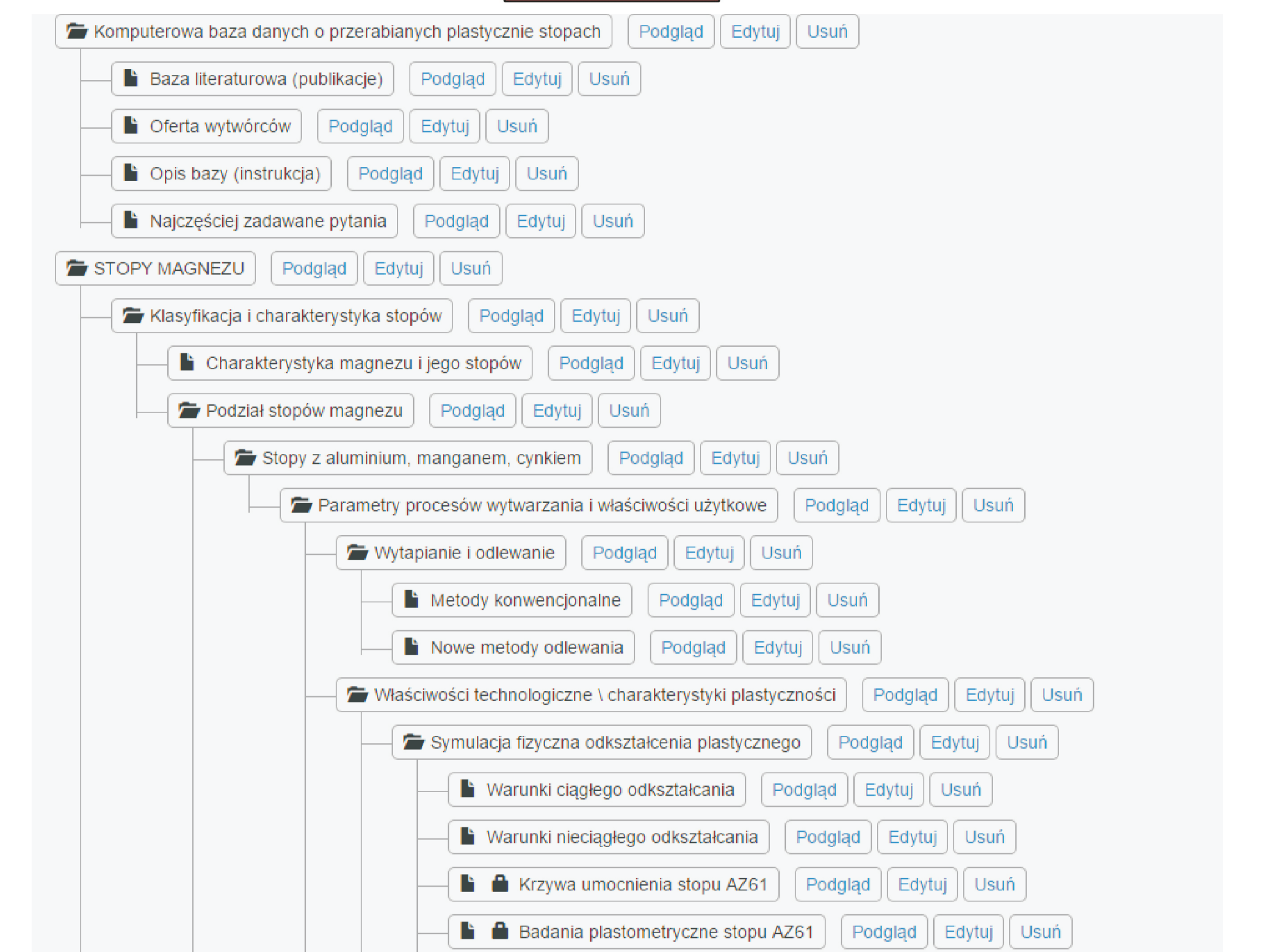
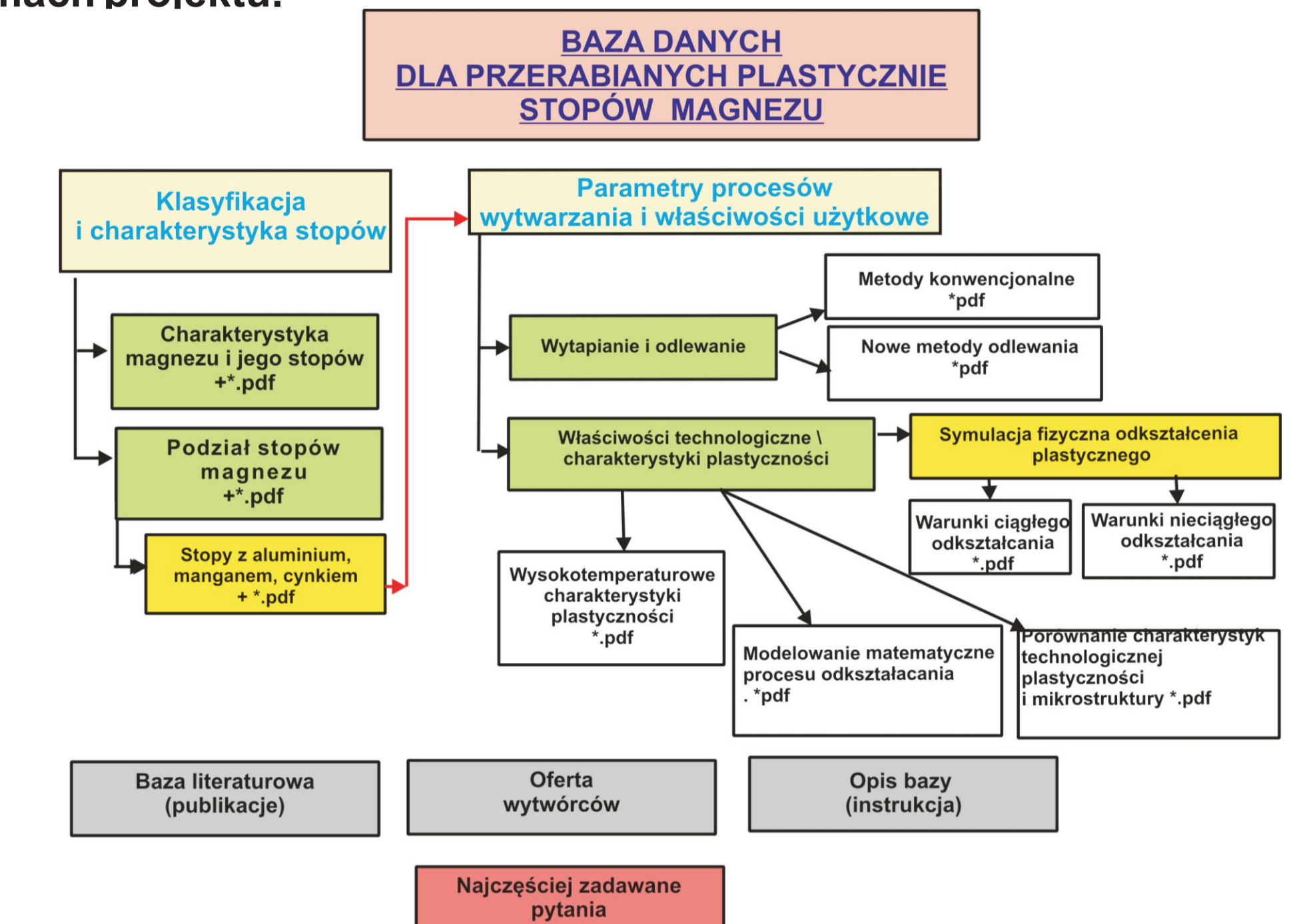


Rys. 4. Przykładowe próbki po próbie spęczania: a) stopu Mg4AlZn, b) WE43, c) AZ80  
Fig. 4. Example samples form magnesium alloy a) stopu Mg4AlZn, b) WE43, c) AZ80

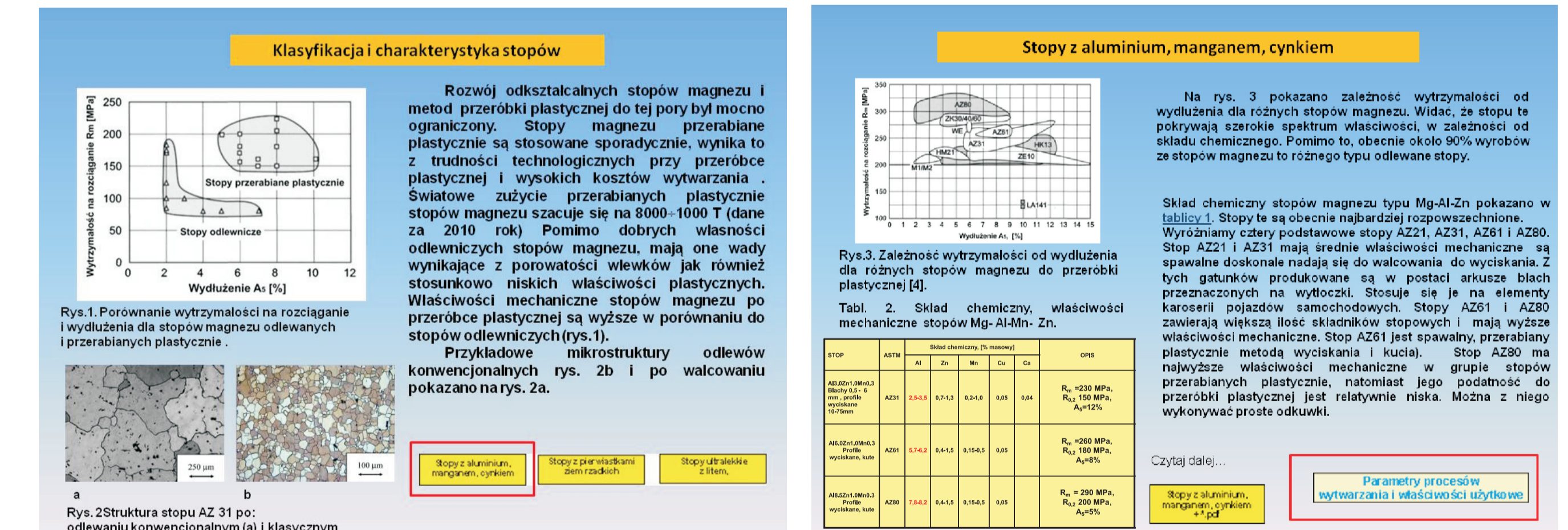
#### Wyniki badań Results

#### Komputerowa baza danych Computer database

Na rysunkach pokazano fragment schematu 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.



#### Przykładowe okna opracowanej bazy danych



#### Wnioski Conclusions

- Opracowano algorytmy bazy danych zawierające informacje o stopach magnezu i metodach ich przetwarzania metodami przeróbki plastycznej.
- Uzyskane wartości odkształceń granicznych w podwyższonej temperaturze świadczą o możliwości kształtowania elementów konstrukcyjnych o oczekiwanej jakości z blachy ze stopu AZ31 przetwarzanej według opracowanej technologii (tłoczenie w temperaturze 220+250°C). Podwyższenie temperatury tłoczenia stopu AZ31 maksymalnie do 250 °C umożliwiło uzyskanie wyrobów o bardziej złożonej geometrii przy zachowanej dobrej jakości powierzchni wyrobów tłoczonych.
- Koło podczas testów tłoczenia przebyło drogę nie krótszą niż Dt = 1609.3 [km] w zadanych warunkach. W czasie próby nie wystąpiły odkształcenia trwałe koła. Nie wystąpiły również przecieki powietrza poprzez koło lub uszczelnienie koła albo zaciski między krytycznymi powierzchniami. Nie wystąpiły pęknięcia materiału piasty.
- Najlepszą wśród próbek z powłokami nakładanymi elektrolitycznie jest próbka 2, czyli trawiona w H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i anodowana w elektrolicie o zawartości 5g/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i 3g/l KMnO<sub>4</sub>.
- Opracowano warunki kucia odłuków ze stopów magnezu o zróżnicowanym składzie chemicznym/

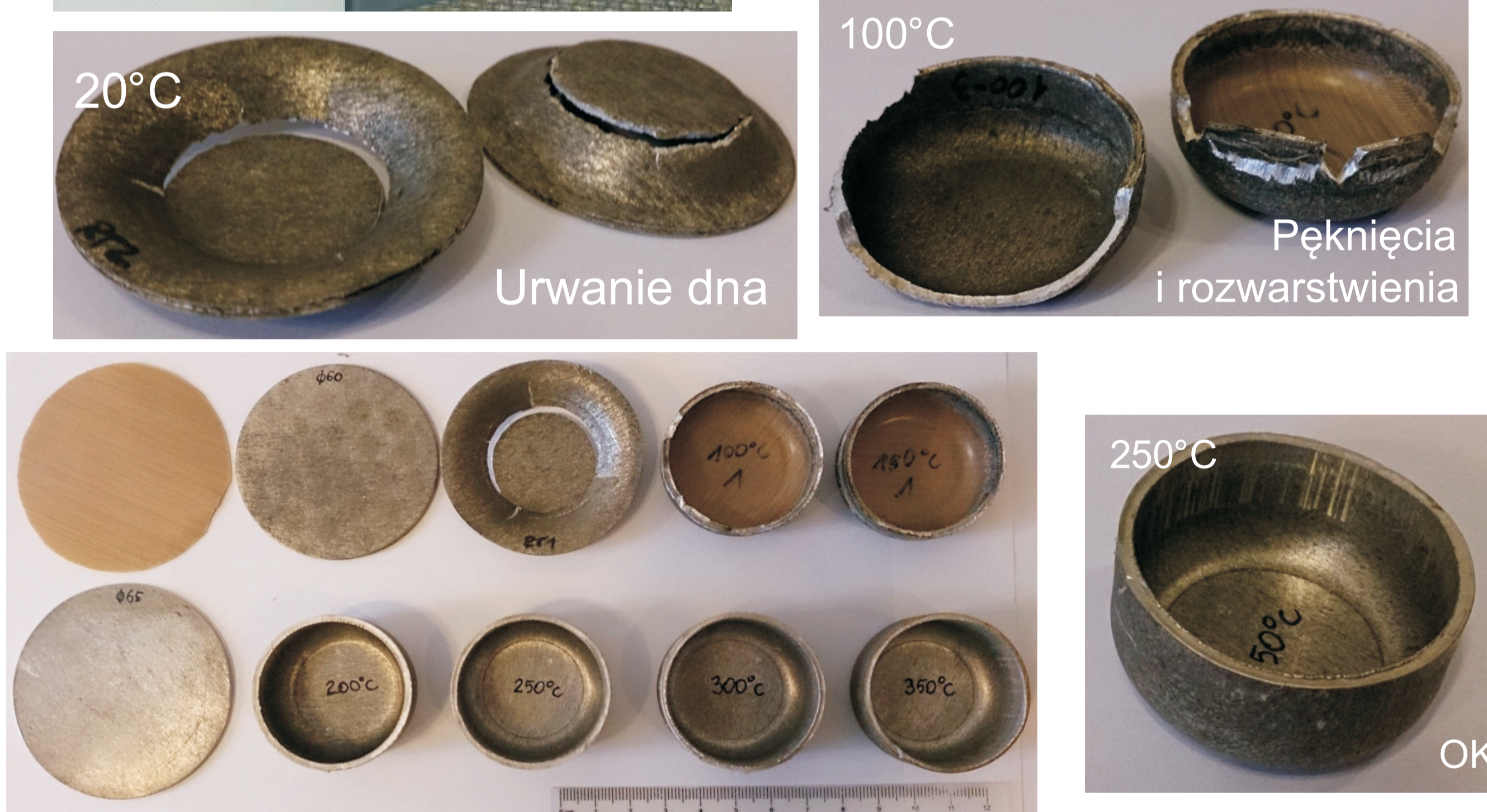
#### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

#### Publikacje:

- Przondziono J., Hadasik E., Walke W., Szala J., Michalska J., Wiecek J.: *Resistance to electrochemical corrosion of the extruded magnesium alloy AZ80 in NaCl solutions*; - Materials and technology 49, 2015, 2, pp. 275-280
- Przondziono J., Hadasik E., Walke W., Lalk S., Dubiel M.: *Oporność na korozję elektrochemiczną wyciskanego stopu magnezu AZ31 z dodatkiem litu*; - VI Międzynarodowa Konferencja Ciągarska - Nowoczesne technologie oraz modelowanie procesów ciągnięcia i wytwarzania wyrobów metalowych, OKW Antałówka 05-07.03.2015, Zakopane; Hutnik - Wiadomości Hutnicze Nr 1, 2015, s. 93-96
- Przondziono J., Hadasik E., Walke W., Szala J.: *Resistance to electrochemical corrosion of extruded magnesium alloy AZ31*; Corrosion 2014, Politechnika Śląska, Gliwice; Solid State Phenomena Vol. 227, pp 35-38, 2015
- Hyrca-Michalska M., Kawalla R., Dembińska, *Badania tłoczności blach ze stopów magnezu w podwyższonej temperaturze*; IX Seminarium naukowe: Zintegrowane Studia Podstaw Deformacji Plastycznej Metali 25-28 listopada 2014, Łańcut
- Dziubińska A., Gontarz A., Horzelska K., Piesko P.: *The microstructure and mechanical properties of AZ31 magnesium alloy aircraft brackets produced by a new forging technology*; Proceedings of 2nd International Materials, Industrial and Manufacturing Engineering Conference, 4-6 February 2015, Bali, Indonesia, 2015, s. 278-278
- Dziubińska A., Gontarz A.: *Limiting phenomena in a new forming process for two-rib plates*; Metalurgia, 2015, nr 3, vol. 54, s. 555-558
- Dziubińska A., Gontarz A.: *A new method for producing magnesium alloy twin-rib aircraft brackets*; Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 2015, nr 2, vol. 87, s. 180-188
- Bulzak T., Tomczak J., Pater Z.: *Theoretical and experimental research on forge rolling process of preforms from magnesium alloy AZ31*; Archives of Metallurgy and Materials, 2015, nr 1, vol. 60, s. 437-443



próbka	Wysokość wyłoczki / przemieszczenie [mm]	Maksymalna siła tłoczenia [kN]
AZ31_20°C	8,30	12,93
AZ31_100°C	14,50	26,13
AZ31_150°C	14,50	22,37
AZ31_200°C	14,40	23,36
AZ31_250°C	14,04	16,35
AZ31_300°C	15,36	12,31
AZ31_350°C	15,43	10,13

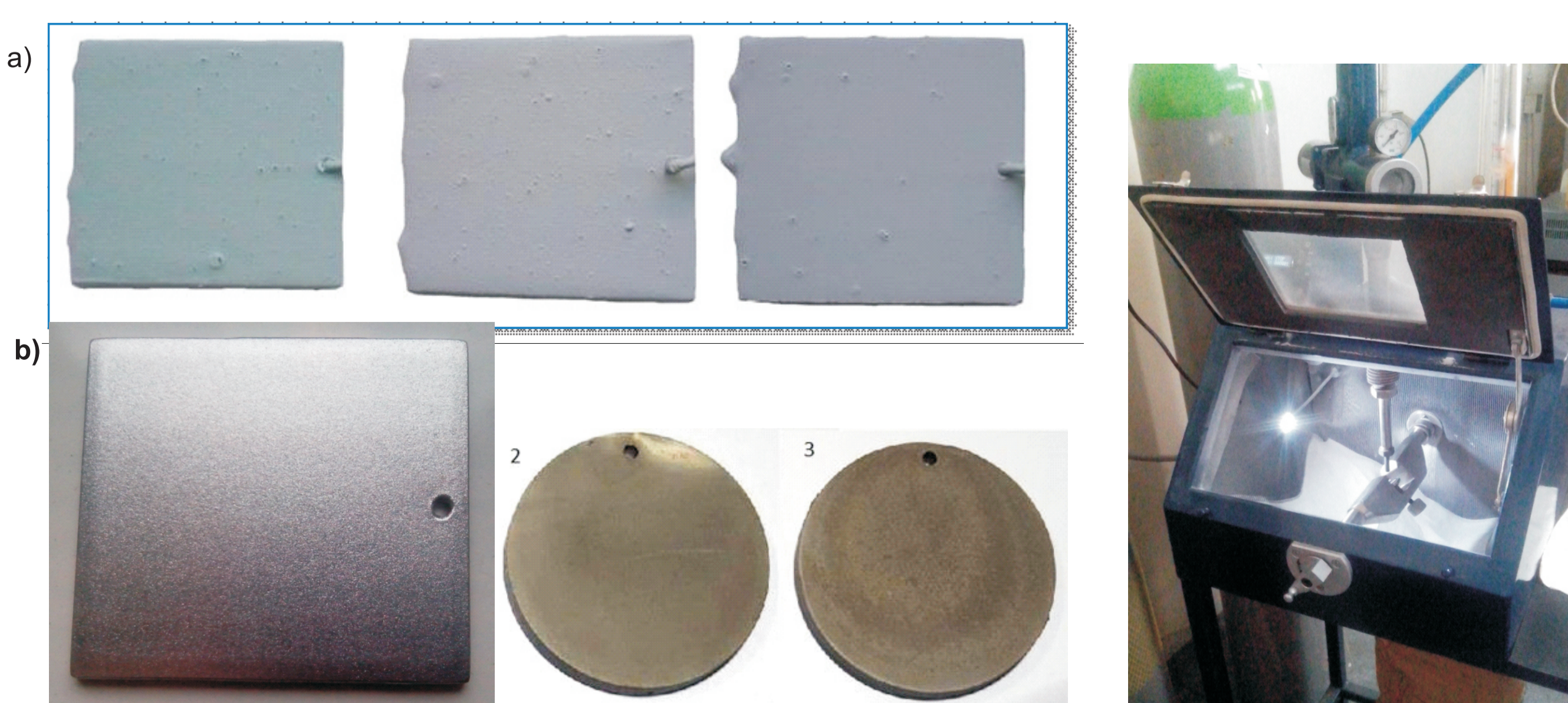


Rys. 1. Wyniki prób tłoczenia  
Fig. 1. Results of drawability tests

#### Ocena odporności erozyjnej powłok na stopie magnezu AZ31

#### Evaluation of erosion resistance coatings on magnesium alloy AZ31

Przeprowadzono badania erozyjne na wybranych powłokach wytworzonych na stopie AZ31 (rys. 2). Wyniki przedstawiono na rys. 3 oraz w tablicy 1. Mają kryterium głębokości zużycia materiału rodzimego w czasie badania po perforacji powłoki, najlepszą spośród próbek z nałożoną polimerową powłoką ochronną jest próbka kontrolna. Najlepszą wśród próbek z powłokami nakładanymi elektrolitycznie jest próbka 2, czyli trawiona w H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i anodowana w elektrolicie o zawartości 5g/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i 3g/l KMnO<sub>4</sub>. Jeśli użyć tego samego kryterium co przy próbkach polimerowych to można stwierdzić, że powłoki galwaniczne są dużo trwalsze od powłok polimerowych.



Rys. 2. Próbkę z nałożonymi powłokami: a) próbkę z powłoką polimerową, b) próbka z powłoką lakierowaną, c) próbki z powłokami elektrolitycznymi.  
Fig. 2. Samples with coatings : a) samples with polymer coating, b) sample with varnish coat, c) samples with electrolytic coating