Projekt kluczowy
Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

SPOTKANIE PANELI EKSPERTÓW
28-29 Czerwca 2010

ZB 7

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

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

Wyniki badań

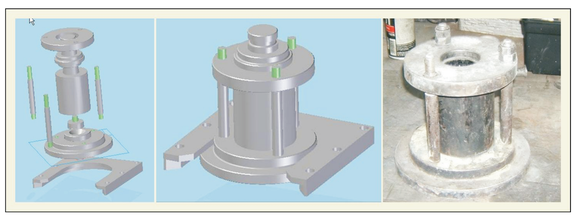
Wyciskanie stopów magnezu

Materiał do prób wyciskania stanowiły walce o średnicy 35 mm i wysokości 40 mm ze stopu AZ31 i WE43 w stanie homogenizowanym. Skład chemiczny stosowanych stopów zamieszczono w tablicy 1.

Tabela 1. Skład chemiczny stosowanych stopów

NAZWA STOPU	TYPOWY SKŁAD (%masowy)							
ASTM	Al	Zn	Mn	Zr	REE	Y	Cu	Ca
AZ31	2,5-3,5	0,7-1,3	0,2-1,0				0.05[1)]	0.04[1)]
WE43				0.45[2)]	3	4		

Wyciskanie prowadzono w specjalnie skonstruowanym przyrządzie pokazanym na rys.1.



Rys.1. Schemat przyrządu do wyciskania z komorą termiczną.

Próba realizowana była w warunkach izotermicznych, przyrząd był nagrzewany wraz z próbką do temperatury 400°C. Wyciskanie realizowano na prasie hydraulicznej o nacisku 150 Mg (rys.2). Maksymalna siła wyciskania wynosiła 25 Mg dla stopu AZ31 i 35 ton dla stopu WE43.

Rys.2. a – stanowisko prasy hydraulicznej, b – przyrząd do wyciskania z komorą termiczną.

W wyniku wyciskania uzyskano pręty o średnicy 8 i 12 mm (rys.3).
Odkształcenie rzeczywiste (logarytmiczne) obliczono wg wzoru :

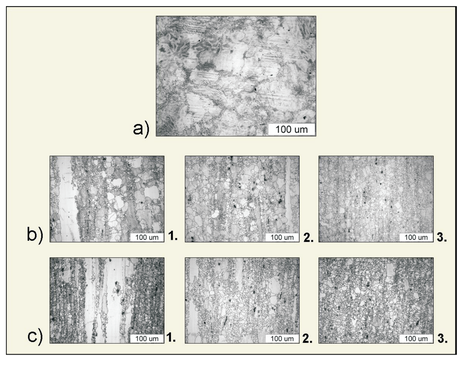
$$\varepsilon = \ln \frac{S_o}{S_k}$$

gdzie :
S_o, S_k - powierzchnia przekroju materiału przed i po przejściu przez otwór matrycy.
Dla próbek o średnicy 12 mm wynosił ε=2.2, zaś dla próbek o średnicy 8 mm ε=3.0.

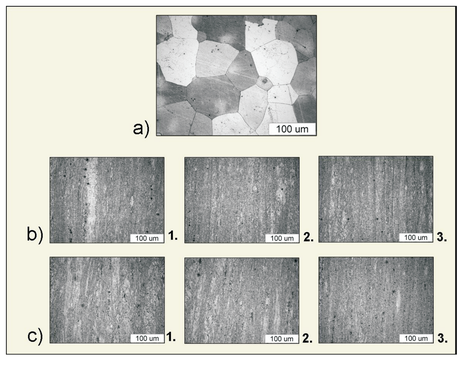
W wyników przeprowadzonych prób uzyskano materiał bez pęknięć (rys.3).

Rys.3. Wygląd próbki po procesie wyciskania oraz miejsca analizy struktury na przekroju wzdłużnym.

Badania metalograficzne ujawniły jednak nierównomierną strukturę na przekroju wzdłużnym próbek, w zależności od miejsca analizy (rys. 4, 5). W strukturze stopów AZ31 i WE43 ujawniły się drobne zrekrystalizowane ziarna oraz obszary wydłużonych ziaren pierwotnych, szczególnie w środku próbki. Może to wskazywać na konieczność prowadzenia dodatkowych zabiegów obróbki cieplnej lub zwiększenia stopnia przerobu plastycznego.



Rys.4. Mikrostruktura stopu AZ31 przed wyciskaniem, po odlewaniu i obróbce cieplnej (a) i po wyciskaniu na wymiar: b – Φ = 8mm, c – Φ = 12mm.



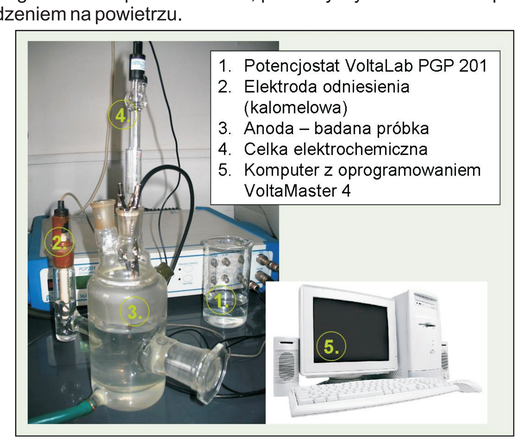
Rys.5. Mikrostruktura stopu WE43 przed wyciskaniem, po odlewaniu i obróbce cieplnej (a) i po wyciskaniu na wymiar: b – Φ = 8mm, c – Φ = 12mm.

Ocena odporności na korozję stopu magnezu AZ31

Celem przeprowadzonych badań było określenie odporności na korozję elektrochemiczną (metoda potencjodynamiczna) i chemiczną (test zanurzeniowy) stopu magnezu AZ31 w stanie po odlaniu i po przeróbce plastycznej odpowiednio w 1,35 i 3,5% roztworze NaCl.

Przeprowadzono badania mikrostruktury stopów w stanie wyjściowym i po badaniach korozyjnych oraz ocenę morfologii powierzchni stopów poddanych badaniom korozyjnym.
Materiał do badań:

- Stop magnezu AZ31 po odlewaniu ciśnieniowym, poddany wyżarzaniu homogenizującemu w temperaturze 450°C w czasie 24h.
- Stop magnezu AZ31 po walcowaniu, poddany wyżarzaniu w temperaturze 350°C przez 1h z chłodzeniem na powietrzu.



Rys.7. Zestaw do badań elektrokorozyjnych.

Korozja elektrochemiczna
Ocenę odporności na korozję wykonano na potencjometrze metodą potencjodynamiczną (rys. 7). Na podstawie zarejestrowanych krzywych polaryzacji wyznaczono następujące wielkości:

- potencjał korozyjny E_{corr}
- opór polaryzacyjny R_p
- gęstość prądu korozyjnego i_{corr}
- szybkość korozji *corr.*

Wyniki badań odporności na korozję elektrochemiczną stopu magnezu AZ31 w roztworze 1,35% NaCl pokazano w tablicy 2.

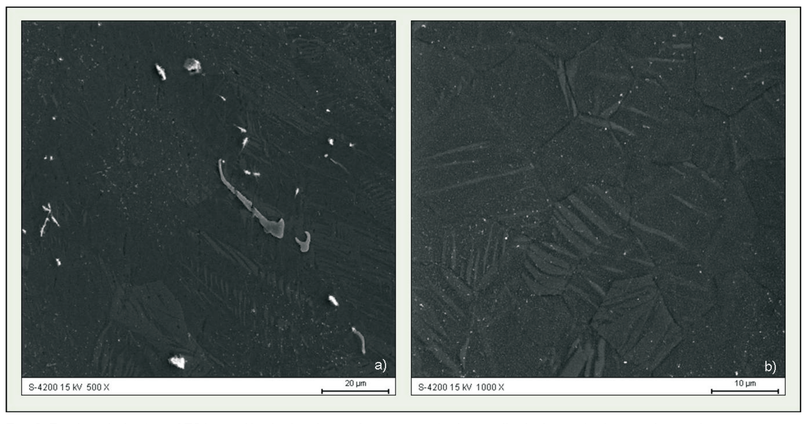
Tabela 2. Odporność na korozję elektrochemiczną

Nr próbki	E_{corr}, mV	I_{corr}, mA/cm²	R_p, kΩcm²	Corr mm/rok
Stop magnezu AZ31 po walcowaniu				
Próbka 1	-1350	97,4	267	0,90
Próbka 2	-1384	63,9	407	0,59
Próbka 3	-1377	80,2	324	0,75
Stop magnezu AZ31 po odlewaniu ciśnieniowym				
Próbka 1	-1521	11,6	2 248	0,17
Próbka 2	-1430	29,5	881	0,28
Próbka 3	-1463	4,6	5 617	0,05

Analiza porównawcza otrzymanych wyników oraz krzywych polaryzacji anodowej wykazała, że wyższą odpornością korozyjną w temp. 21°C charakteryzuje się stop w stanie lanym. Wprawdzie jego potencjał korozyjny był nieco niższy, ale znacznie korzystniejsze były pozostałe wyznaczane parametry (wyższy opór polaryzacji, niższa gęstość prądowa i szybkość korozji).

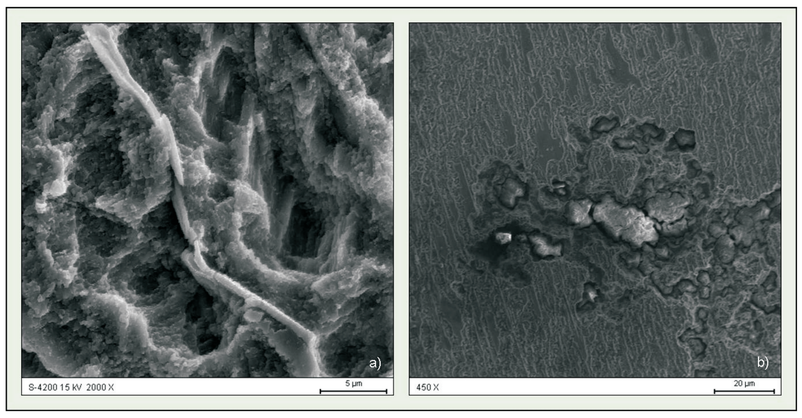
Badania korozji metodą zanurzeniową.
Test zanurzeniowy przeprowadzono w 3,5% roztworze NaCl w temperaturze otoczenia. Przygotowane próbki (szlifowanie, odtłuszczanie, suszenie) zanurzono na okres 1,3 i 5 dni. Przeprowadzono analizę stanu powierzchni stopów na elektronowym mikroskopie skaningowym z emisją polową FE SEM S-4200 HITACHI przed i po badaniach korozyjnych po usunięciu produktów korozji.

Powierzchnię stopu AZ31 w stanie po odlewaniu (a) i po walcowaniu (b) przed badaniem korozyjnym pokazano na rys. 8



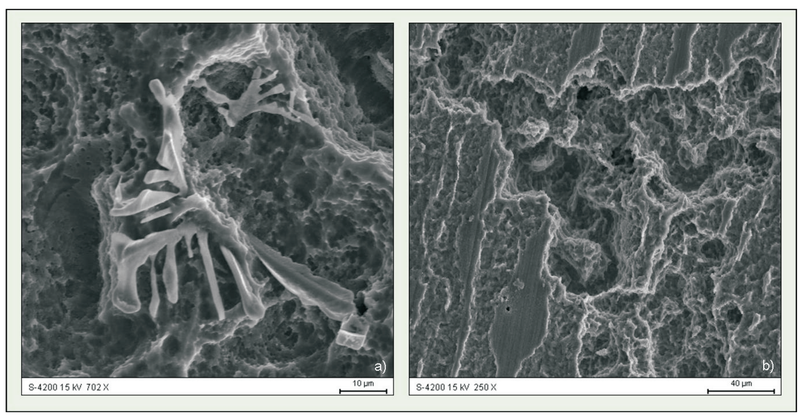
Rys.2. Powierzchnia stopu AZ31 przed badaniem korozyjnym; a – w stanie po odlaniu, b – w stanie po walcowaniu.

Na kolejnych rysunkach (9-11) pokazano stan powierzchni próbek po zanurzeniu odpowiednio na 1, 3 i 5 dni.

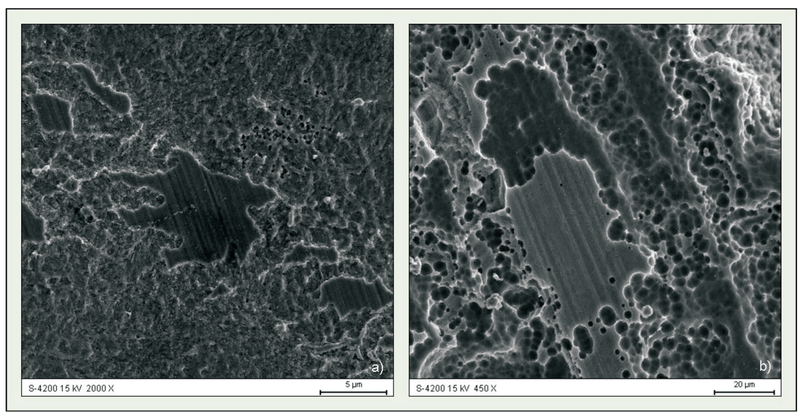


Rys.9. Powierzchnia stopu AZ31 po teście zanurzeniowym (1 dzień); a – w stanie po odlaniu, faza Mg-Si przebiegająca wzdłuż granicy ziarna nie podatna na korozję, b – w stanie po walcowaniu, wżery na powierzchni stopu

W stopie po odlewaniu korozja zachodzi równomiernie na całej powierzchni. Z wyjątkiem kilku miejsc nie stwierdzono obecności wżerów.
Stop po walcowaniu koroduje nierównomiernie – poszczególne ziarna korodują w mniejszym lub większym stopniu. Na powierzchni pojawiają się liczne i bardzo głębokie wżery.



Rys.10. Powierzchnia stopu AZ31 po teście zanurzeniowym (3 dni); a – w stanie po odlaniu, wydzielenia Mg-Al, b – w stanie po walcowaniu, głębokie wżery na powierzchni stopu.



Rys.11. Powierzchnia stopu AZ31 po teście zanurzeniowym (5 dni); a – w stanie po odlaniu, równomierna korozja na całej powierzchni stopu, b – w stanie po walcowaniu, bardzo głębokie wżery na powierzchni stopu.

Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty

- Hadasik E., Kuc D., Szuła., Śliwa R: ***Plastyczne kształtowanie stopu magnezu Az31.*** XVIII Międzynarodowa konferencja p.t. Konstrukcja i technologia wyprasek i wytłoczek, Poznań –Wąsowo 9-11.06.2010. Materiały konferencyjne, streszczenia posterów, s.195-199
- Hadasik E., Kuc D., Szuła A: ***Kształtowanie plastyczne stopu magnezu Az31.*** Międzynarodowa konferencja p.t. Progresywne materiały i technologie, Lublin – Kazimierz n/ Wisłą, 28 - 30.06.2010
- Przondziono J., Walke W., Szala J., Szuła A., Hadasik E., Wieczorek J.: ***Resistance to corrosion of magnesium alloy AZ31 after plastic working.*** - sesja posterowa. The 9th International Symposium of Croatian Metallurgical Society "Materials and Metallurgy", Croatia, Šibenik, June 20 - 24. 2010

Publikacje

- Hadasik E., Kuc D., Szuła A.: *Kształtowanie plastyczne stopu magnezu AZ31*, Rudy i Metale Niezelazne, nr 6, 2010 – artykuł przyjęty do druku w czasopiśmie Rudy i Metale

Prace mgr, dr, hab.

Prace inżynierskie

- Przemysław Koźlik**: *Analiza techniczno – ekonomiczna wykorzystania stopów magnezu w przemyśle lotniczym*,** Katowice, styczeń 2010, opiekun Prof. E. Hadasik (praca zakończona)
- Zigler Łukasz: ***Analiza techniczno –ekonomiczna zastosowania powłok ochronnych na wyrobach ze stopów magnezu***, Katowice, styczeń 2010, opiekun Prof. E. Hadasik (praca zakończona)

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO