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

Badanie Własności stopu magnezu MA2 (wg GOST) w warunkach kształtowania na gorąco

W ramach zadania przeprowadzono badania własności stopu magnezu MA2 (wg GOST). Scharakteryzowano własności wytrzymałościowe i plastyczne w zakresie temperatur 20°C÷450°C. Poruszono również aspekty technologiczne procesu kucia na gorąco tego stopu. Opracowano wyniki badań krzywych płynięcia przeprowadzonych w temperaturach 250°C, 350°C, 450°C przy prędkościach odkształcenia 0,1 s^{-1}, 1 s^{-1}, 10 s^{-1}. Krzywe doświadczalne uzyskane w próbie ściskania opisano funkcjami stosowanymi w programach przeznaczonych do symulacji procesów kształtowania plastycznego metali. Zastosowano dwie funkcje o postaci:

$$\sigma_p = A\,\varepsilon^{B}\exp(C\,\varepsilon)\,\dot{\varepsilon}^{D}\exp(E\,t) \qquad (1)$$

oraz

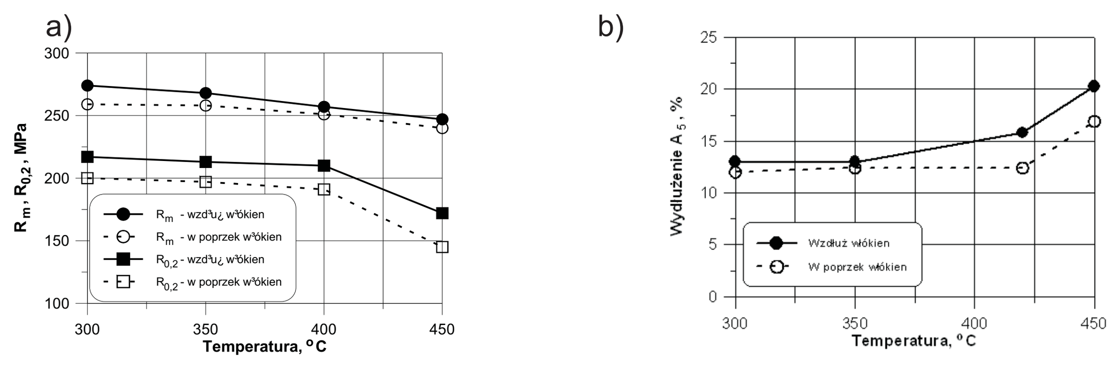
$$\sigma_p = A\,\varepsilon^{B\,C\,T}\exp(D\,\varepsilon)\,\dot{\varepsilon}^{E\,F\,T}\exp(G\,T) \qquad (2)$$

gdzie:
ε – odkształcenie zastępcze,
$\dot{\varepsilon}$ – prędkość odkształcenia, s^{-1},
t – temperatura badania, °C,
T – temperatura badania, K,
A, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G* – stałe współczynniki.

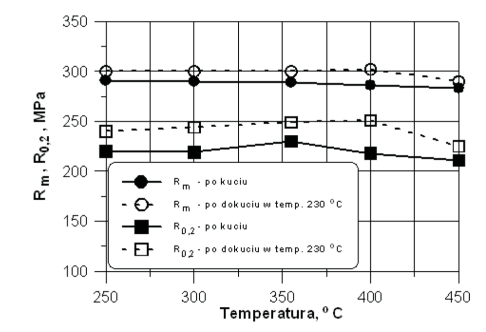
Do wyznaczania współczynników funkcji zastosowano metodę optymalizacji Generalized Reduced Gradient (GRG2) zaimplementowaną w programie Microsoft Excel. Na podstawie uzyskanych rezultatów określono funkcję, która wykorzystana zostanie do analiz teoretycznych w badaniach procesów kształtowania stopu MA2.

Tab.3. Wyznaczone wartości współczynników funkcji (1) i (2)

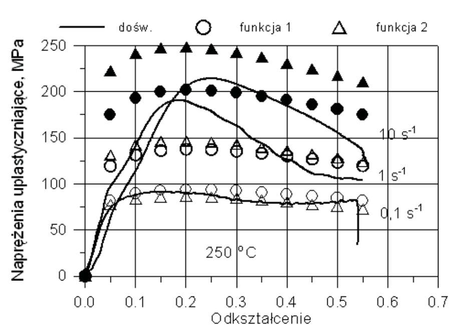
Nr funkcji	Współczynniki							Funkcja celu Φ_σ, %
	A	B	C	D	E	F	G	
(1)	765,8	0,212	-1,013	0,166	-0,00496	-	-	0,674
(2)	4087,2	0,100	0,000175	-1,034	0,408	-0,00034	-0,00538	0,631



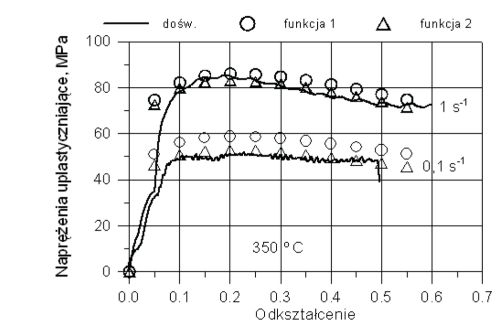
Rys. 1. Zależność własności wytrzymałościowych (a) i plastycznych (b) stopu MA2 od temperatury



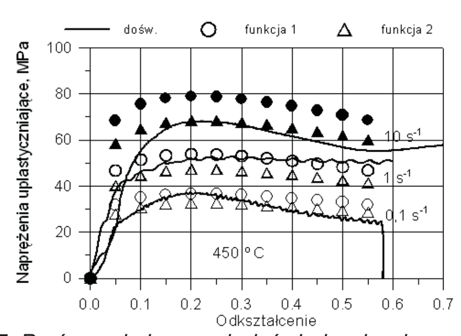
Rys. 2. Własności wytrzymałościowe stopu MA2 po kuciu w różnych temperaturach oraz po operacji dokucia w temperaturze 230°C



Rys. 3. Porównanie krzywych doświadczalnych z krzywymi teoretycznymi wyznaczonymi na podstawie funkcji (1)i (2) dla temperatury 250°C



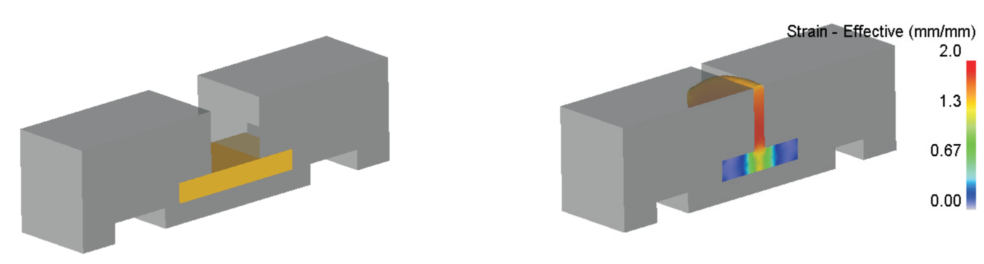
Rys. 4. Porównanie krzywych doświadczalnych z krzywymi teoretycznymi wyznaczonymi na podstawie funkcji (1)i (2) dla temperatury 350°C



Rys. 5. Porównanie krzywych doświadczalnych z krzywymi teoretycznymi wyznaczonymi na podstawie funkcji (1) i (2) dla temperatury 450°C

Symulacje numeryczne procesu kształtowania odkuwek płaskich z jednym żebrem ze stopu magnezu MA2

Wykonano analizę teoretyczną procesu kształtowania odkuwek płaskich z żebrami ze stopu magnezu MA2. Założono, że proces będzie realizowany w trójsuwakowej prasie kuźniczej w dwóch wariantach: kształtowanie półswobodne i kształtowanie w wykroju zamkniętym. Na podstawie wyników symulacji MES stwierdzono, że możliwe jest kształtowanie założonego typu wyrobu. Zaprojektowano narzędzia do weryfikacji doświadczalnej przyjętych rozwiązań i przygotowano dane przetargowe

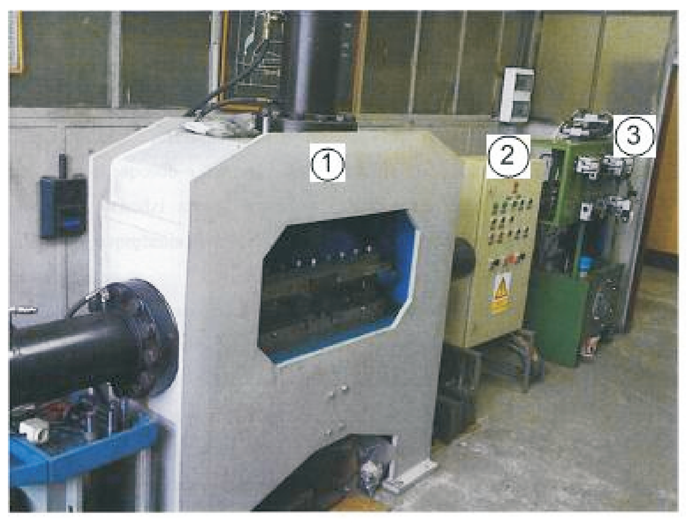


Rys. 6. Przykładowe wyniki symulacji: a) początek procesu (przekrój), b) koniec procesu wraz z rozkładem odkształcenia zastępczego

Modernizacja hydraulicznego układu napędzającego trójsuwakową prasę kuźniczą

W ramach niniejszego zadania przygotowano i przeprowadzono przetarg na modernizację hydraulicznego układu zasilającego trójsuwakową prasę kuźniczą. Przed modernizacją parametry układy były następujące:
Opis techniczny obecnego stanu funkcjonalności trójsuwakowej prasy kuźniczej:
- siła zakuwania: 500kN;
- siła nominalna górnego docisku: 500kN;
- siła działania wyrzutnika: 4kN;
- max. prędkość siłowników: 6,5mm/sek.;
- możliwość regulacji prędkości ruchu dla każdego siłownika oddzielnie;
- możliwość regulacji sił docisku dla każdego siłownika oddzielnie;
- pobór mocy: ok. 7,5kW.

Po modernizacji parametry układu są następujące:
- siła zakuwania: 500kN;
- siła nominalna górnego docisku: 1000 kN;
- siła działania wyrzutnika: 4kN;
- max. prędkość siłowników bocznych: 65 mm/sek.;
- max. prędkość siłownika górnego: 65 mm/sek.;
- płynna regulacja prędkości ruchu siłowników;
- płynna regulacja sił docisku siłowników bocznych;
- płynna regulacja sił docisku siłownika górnego;
- max. pobór mocy: ok. 25k.

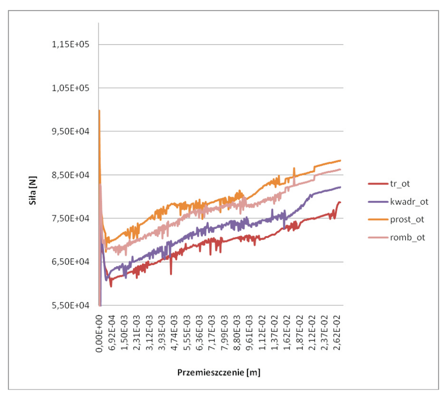


Rys. 7. Trójsuwakowa prasa kuźnicza: 1 - część mechaniczna prasy, 2 - szafa sterownicza, 3- hydrauliczny układ zasilający

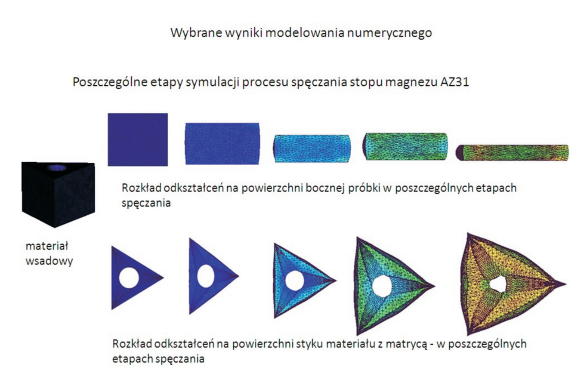
Wyniki badań

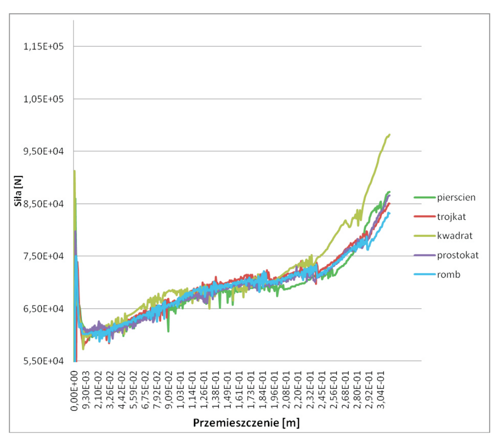
Modelowanie fizyczne i numeryczne procesu spęczania wyrobów o złożonym kształcie przekroju poprzecznego

Modelowanie numeryczne procesu spęczania próbek ze stopu magnezu AZ31

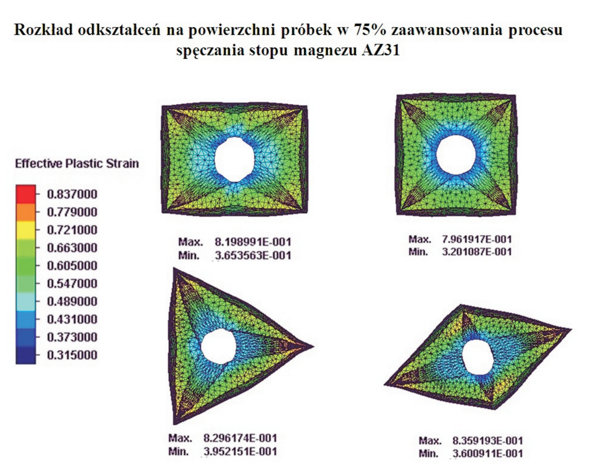


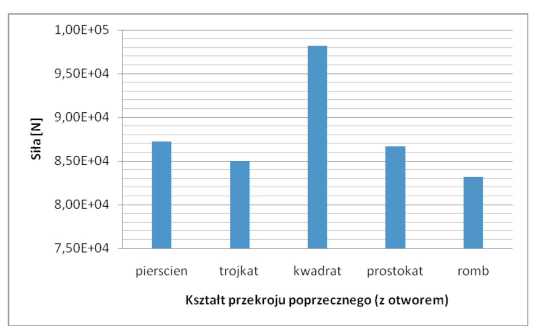
Efekt zróżnicowania charakterystyk siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego spęczanej bryły

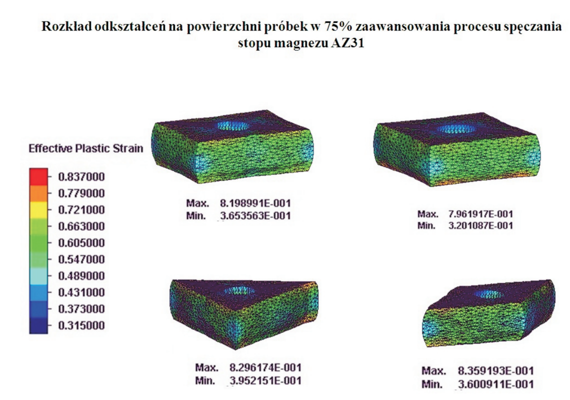




Modelowanie numeryczne spęczania próbek ze stopu magnezu AZ31

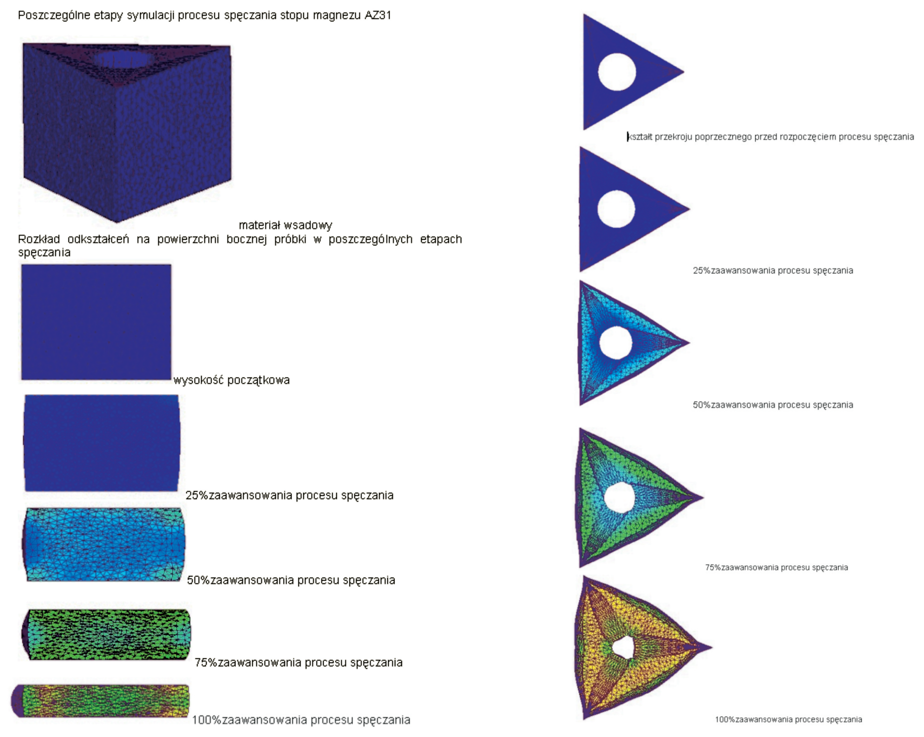




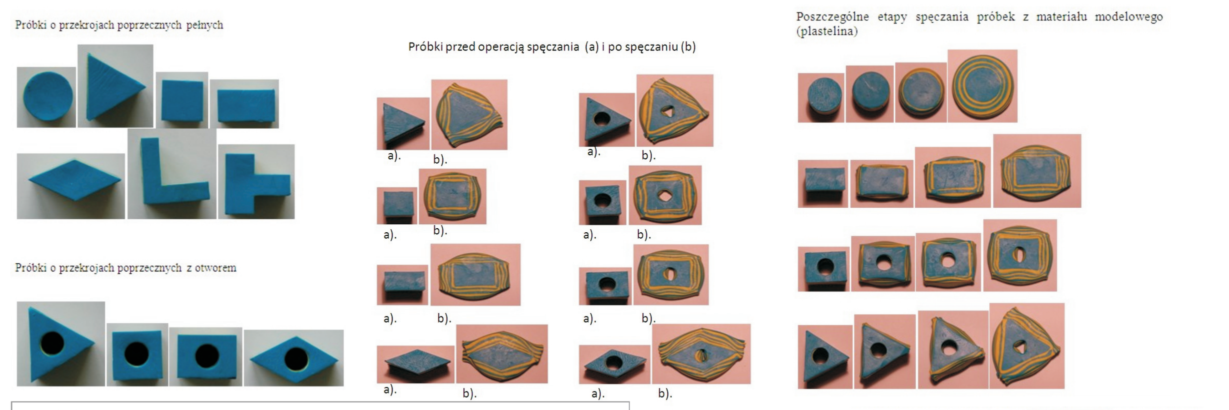


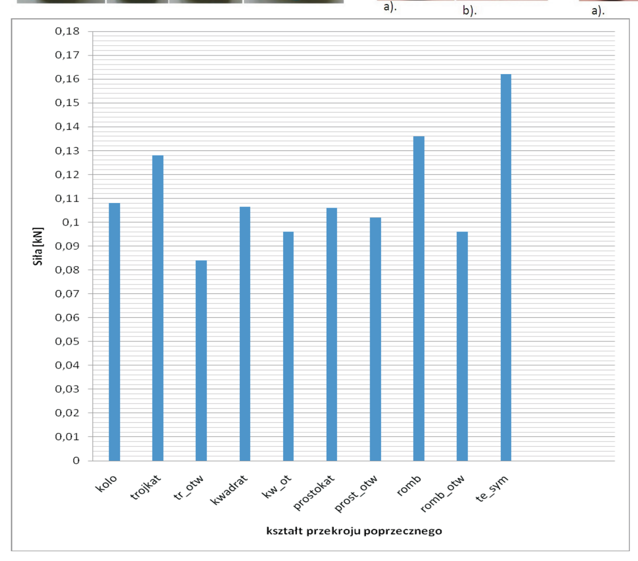
Wskaźnik kształtu	Symbol	Przekrój poprzeczny																
Ilość wszystkich wierzchołków	w_w																	
Ilość wierzchołków zewnętrznych	w_{zew}	–	–	–	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Ilość wierzchołków wewnętrznych	w_{wew}	–	–	–	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Ilość płaszczyzn symetrii	m	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Osi symetrii	n	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Kąty ostre	k_{os}	–	–	–	–	–	×	×	×	–	–	×	×	–	–	–	–	–
Kąty proste (wszystkie)	k_{pr}	–	–	–	×	×	–	–	–	×	×	–	–	×	×	×	×	×
Kąty rozwarte	k_{rw}	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	×	×	–	–	–	–	–
b/a		–	×	×	–	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
g_{min} / g_{max}		–	×	×	–	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Pole przekroju poprzecznego	S_p	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Pole okręgu opisanego na p.prz. pop.	S_{oo}	–	–	–	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–
Pole okręgu wpisanego w kształt pola przekroju poprzecznego	S_{ow}	–	–	–	×	×	×	–	×	–	–	×	×	–	–	–	–	–
Pole okręgu zawierającego kształt p.p.p.	S_{oz}	–	–	–	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Obwód przekroju poprzecznego	O_{pp}	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Obwód okręgu wpisanego	O_{ow}	–	–	–	×	×	×	–	×	–	–	×	×	–	–	–	–	–
Obwód okręgu opisanego	O_{oo}	–	–	–	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–
Obwód okręgu o takim samym polu przekroju	O_{op}	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Obwód okręgu zawierającego kształt p.p.p.	O_{oz}	–	–	–	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

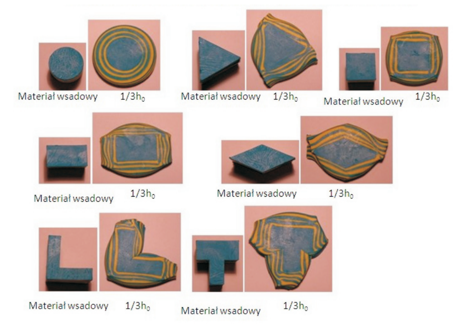
a-max. wymiar, b-min. wymiar, g_{max}-max. grubość w kształcie przekroju poprzecznego, g_{min}-min. grubość w kształcie przekroju poprzecznego



Modelowanie fizyczne procesu spęczania brył o różnym kształcie przekroju poprzecznego

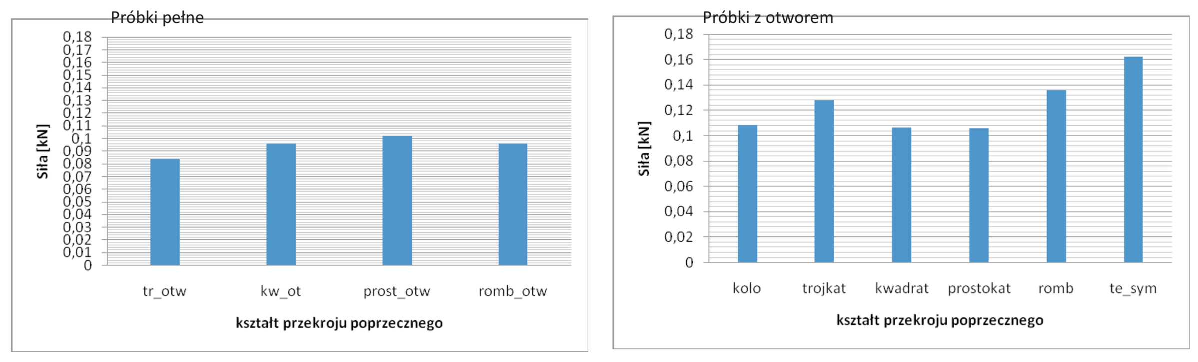




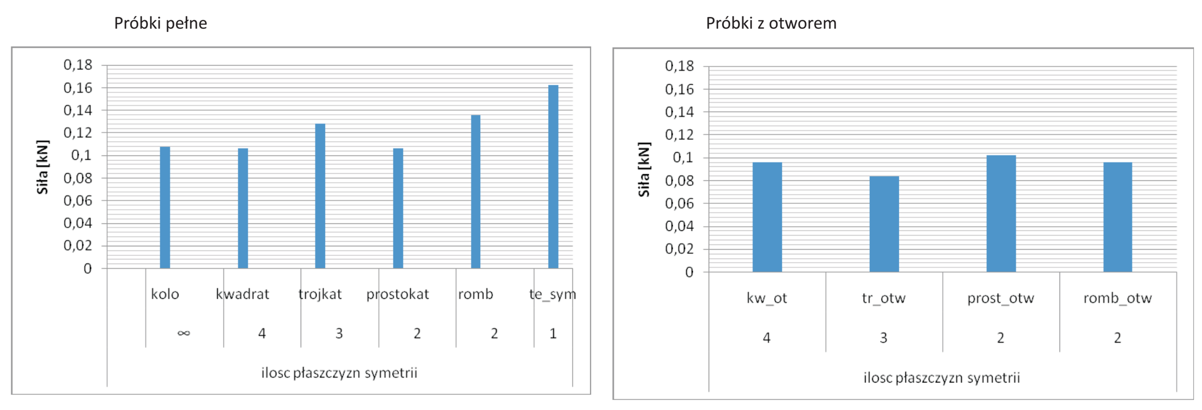


100% zaawansowania procesu spęczania (próbki spęczone do wysokości $1/3h_0$)

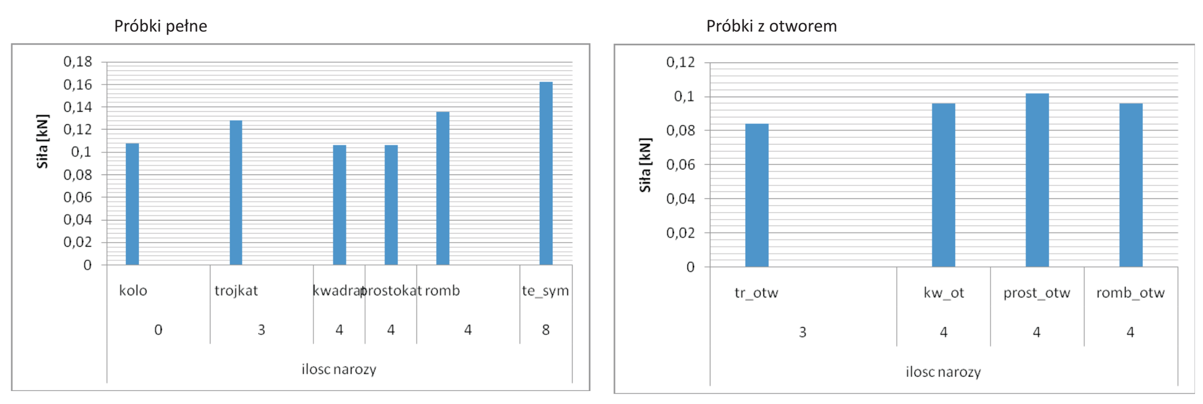
Zróżnicowanie wartości siły w zależności od kształtu przekroju poprzecznego w 100% zaawansowania procesu spęczania (próbki spęczone do wysokości $1/3h_0$),



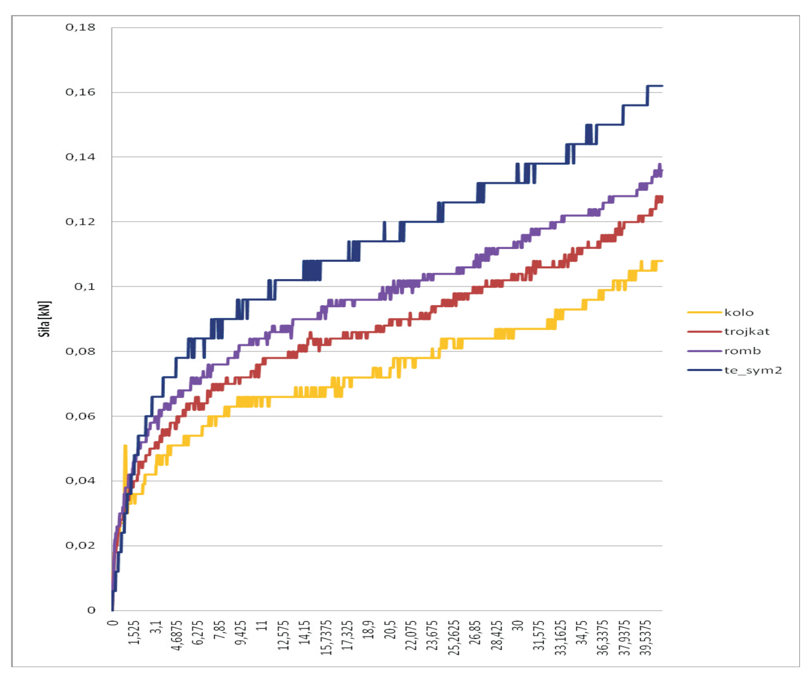
Zróżnicowanie wartości siły w zależności od ilości płaszczyzn symetrii przekroju poprzecznego



Zróżnicowanie wartości siły w zależności od ilości naroży kształtu przekroju



Efekt zróżnicowania charakterystyk siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego spęczanej bryły (wybrane przykłady)



Efekt zróżnicowania charakterystyk siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego spęczanej bryły (wybrane przykłady)

Wskaźniki realizacji celów projektu

Publikacje

- Andrzej Gontarz, Anna Dziubińska: ***Własności stopu magnezu MA2 (wg GOST) w warunkach kształtowania na gorąco***. *Praca przyjęta do druku w „Rudy i Metale Nieżelazne”*

Prace mgr, dr, hab.

Prace doktorskie

- mgr inż. Anny Dziubińskiej: ***Kształtowanie odkuwek płaskich z żebrami ze stopów Mg***. Promotor: dr hab. inż. Andrzeja Gontarza. Status: *praca w realizacji*
- mgr Marta Dymek: ***Kształtowanie plastyczne lotniczych stopów magnezu w procesie kucia wyrobów o złożonym kształcie geometrycznym.*** Promotor: dr hab. inż. Romana Śliwa Status: *praca w realizacji*

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ ZE ŚRODKÓW EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO