

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

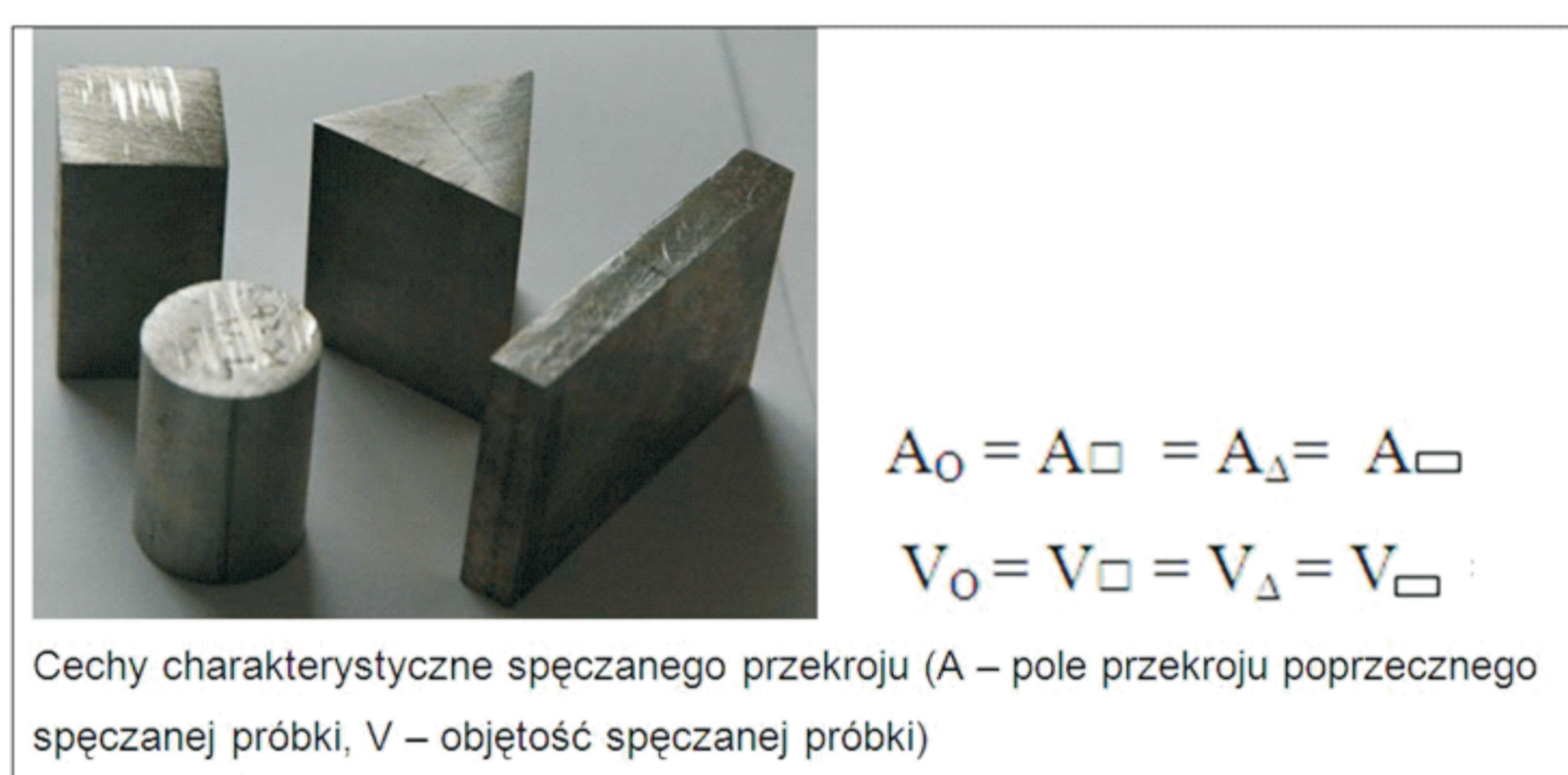
Ocena odkształcalności stopów magnezu w próbie śpęczenia w różnych warunkach modelowania procesu Performance evaluation the compressive strain for magnesium alloys for different modeling process conditions

Dokonano analizy plastycznego kształtowania stopów magnezu w oparciu o numeryczne i fizyczne modelowanie procesu odkształcenia plastycznego realizowanego w warunkach procesu śpęczenia próbek o różnych kształtach i wymiarach będących podstawą oceny zdolności odkształcenia stopów magnezu w technologii kucia. Przeprowadzono analizę wpływu przekroju poprzecznego modelowego oraz parametry siłowe. Porównano wyniki odkształcenia plastycznego w różnych warunkach modelowania z uwzględnieniem analizy wpływu cech materiałowych badanych stopów magnezu z punktu widzenia osiągania pożądanych cech wyrobu gotowego w zastosowaniu tego materiału na elementy konstrukcyjne lotniczych.

W modelowaniu fizycznym przeanalizowano wpływ kształtu przekroju poprzecznego śpęczonej próbki na sposób płynięcia materiału modelowego oraz parametry siłowe. Przedstawiono wyniki modelowania fizycznego na podstawie których wykazano różnicowanie poziomu siły kształtowania zależnie od kształtu przekroju poprzecznego.

Warunki przeprowadzania procesu śpęczenia próbek ze stopu magnezu AZ31.
Conditions of upsetting process samples of magnesium alloy AZ31.

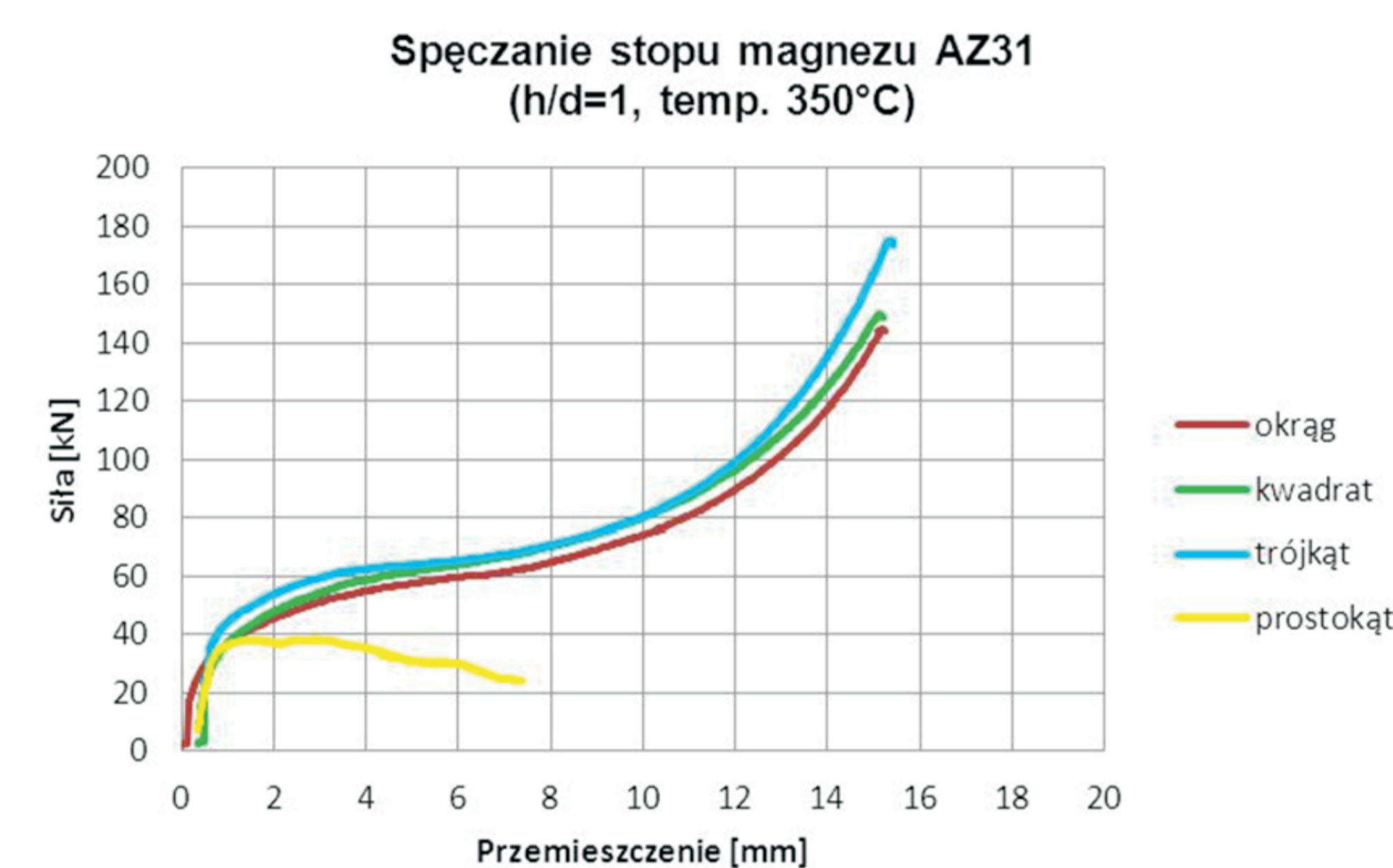
Przygotowano próbki ze stopu magnezu AZ31 o zróżnicowanym kształcie przekroju poprzecznego (koło, kwadrat, trójkąt, prostokąt). Wygląd próbek przedstawia rys.1. Badania przeprowadzono w zakresie temperatur: 350°C, 380°C i 410°C. wysokość próbek w stosunku h/d = 1 i h/d = 1,5.



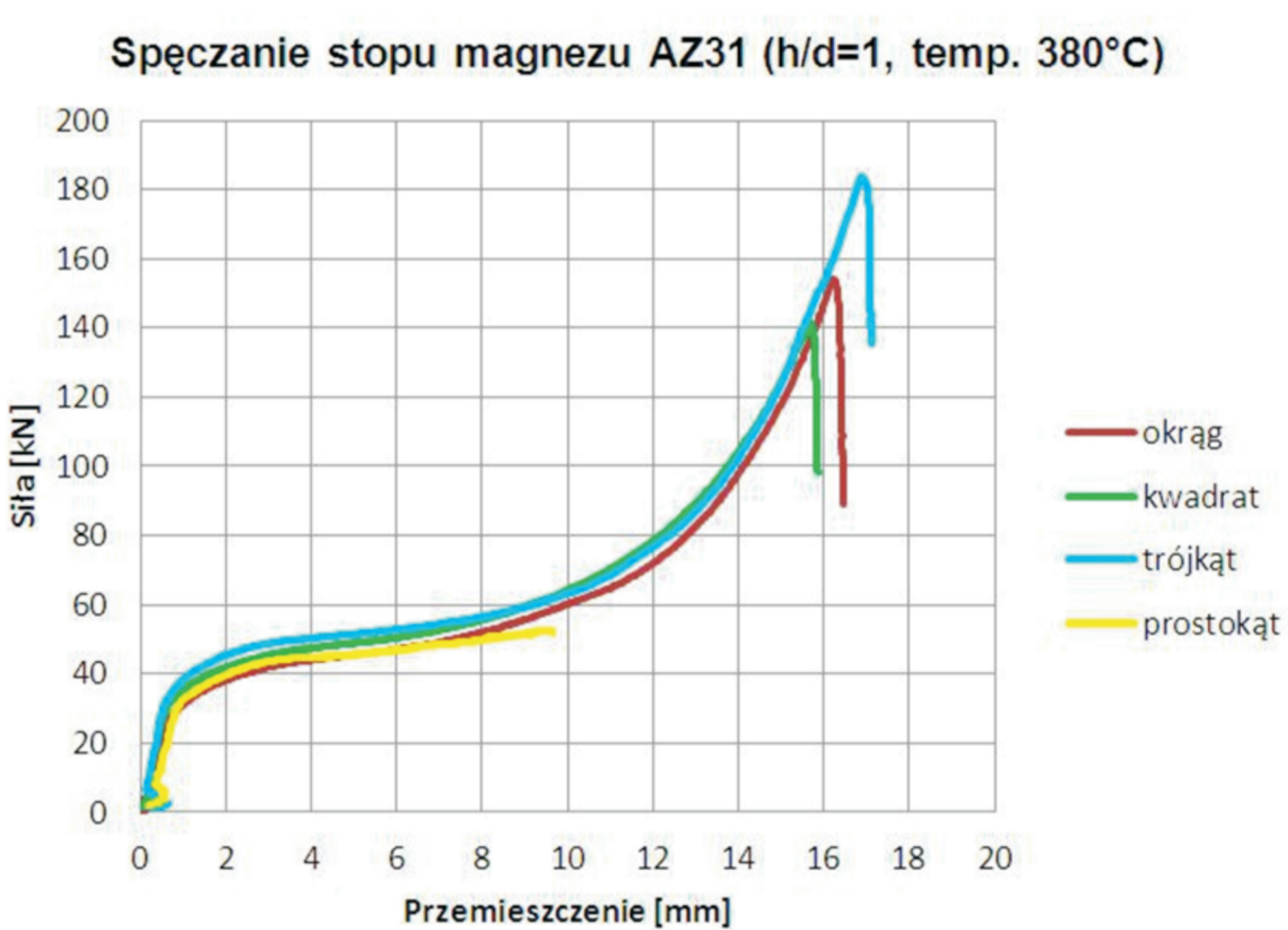
Rys. 1. Próbkę do testu śpęczenia
Fig. 1. Samples for upsetting test.

Wpływ temperatury na wartość siły kształtowania podczas prób śpęczenia
Influence of temperature on the strength development of the upsetting test.

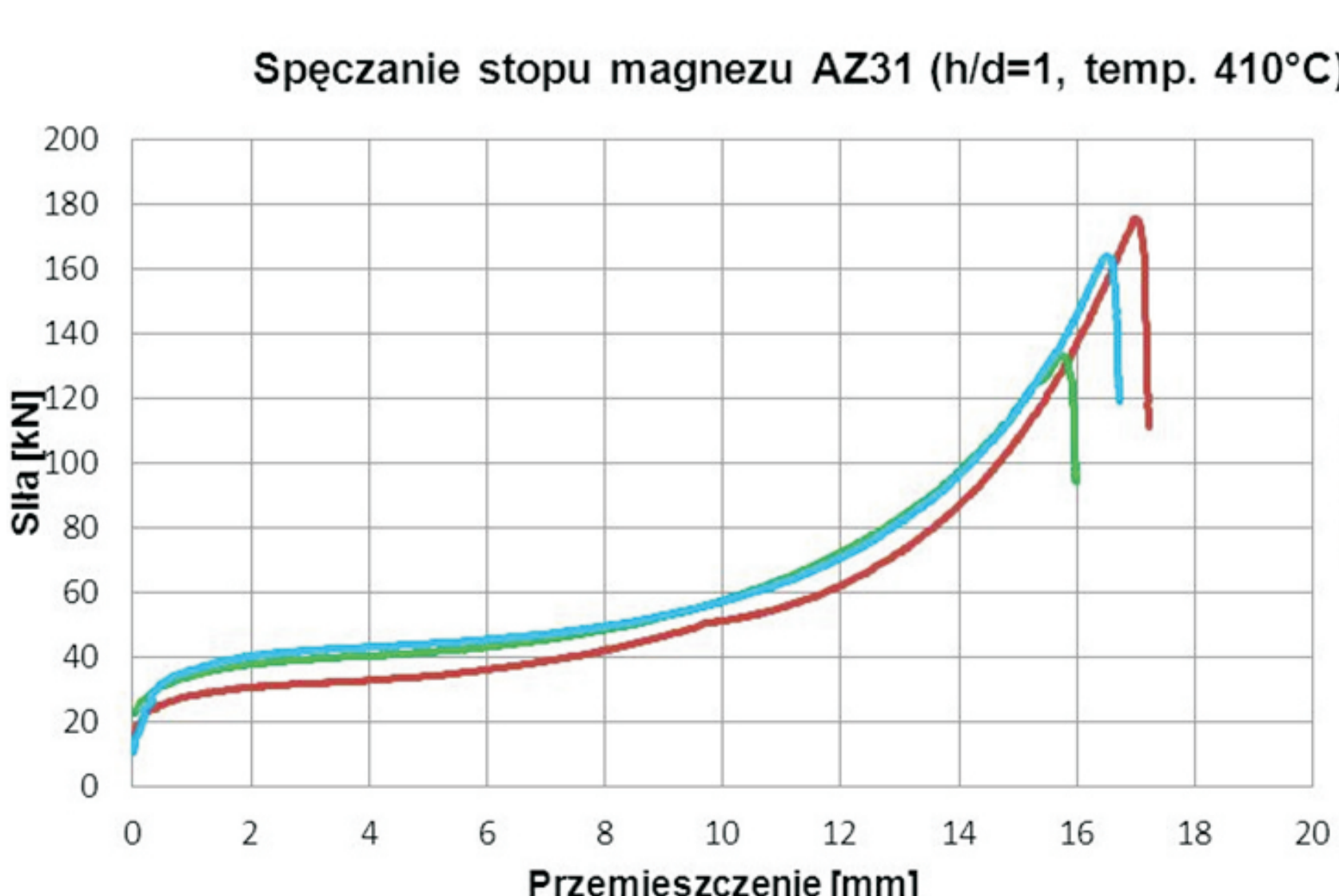
Wpływ kształtu przekroju poprzecznego śpęczonej próbki na efekt różnicowania charakterystyk siłowych w zależności od temperatury.



Rys. 2. Efekt różnicowania charakterystyk siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego w temperaturze 350°C.
Fig. 2. Strength characteristics diversity effect depending on the cross-sectional shapes at 350 °C.



Rys. 3. Efekt różnicowania charakterystyk siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego w temperaturze 380°C.
Fig. 3. Strength characteristics diversity effect depending on the cross-sectional shapes at 380 °C.

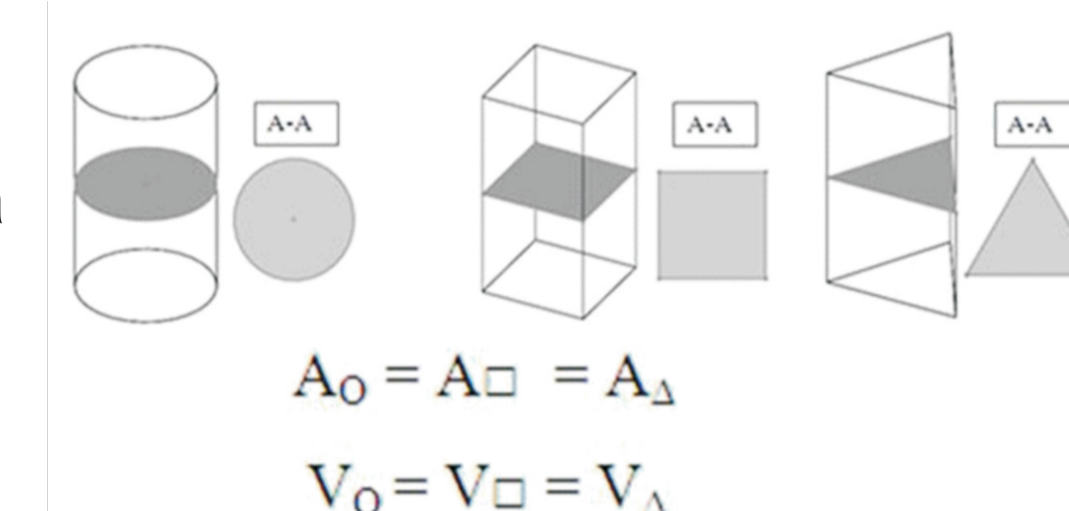


Rys. 4. Efekt różnicowania charakterystyk siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego w temperaturze 410°C.
Fig. 4. Strength characteristics diversity effect depending on the cross-sectional shapes at 410 °C.

Próby śpęczenia próbek prostokątnej o przekroju prostokąta przerwano. Powodem była trudność w stabilnym śpęczeniu próbek o dużym stosunku a do b, próby przerwano z powodu wyboczenia.

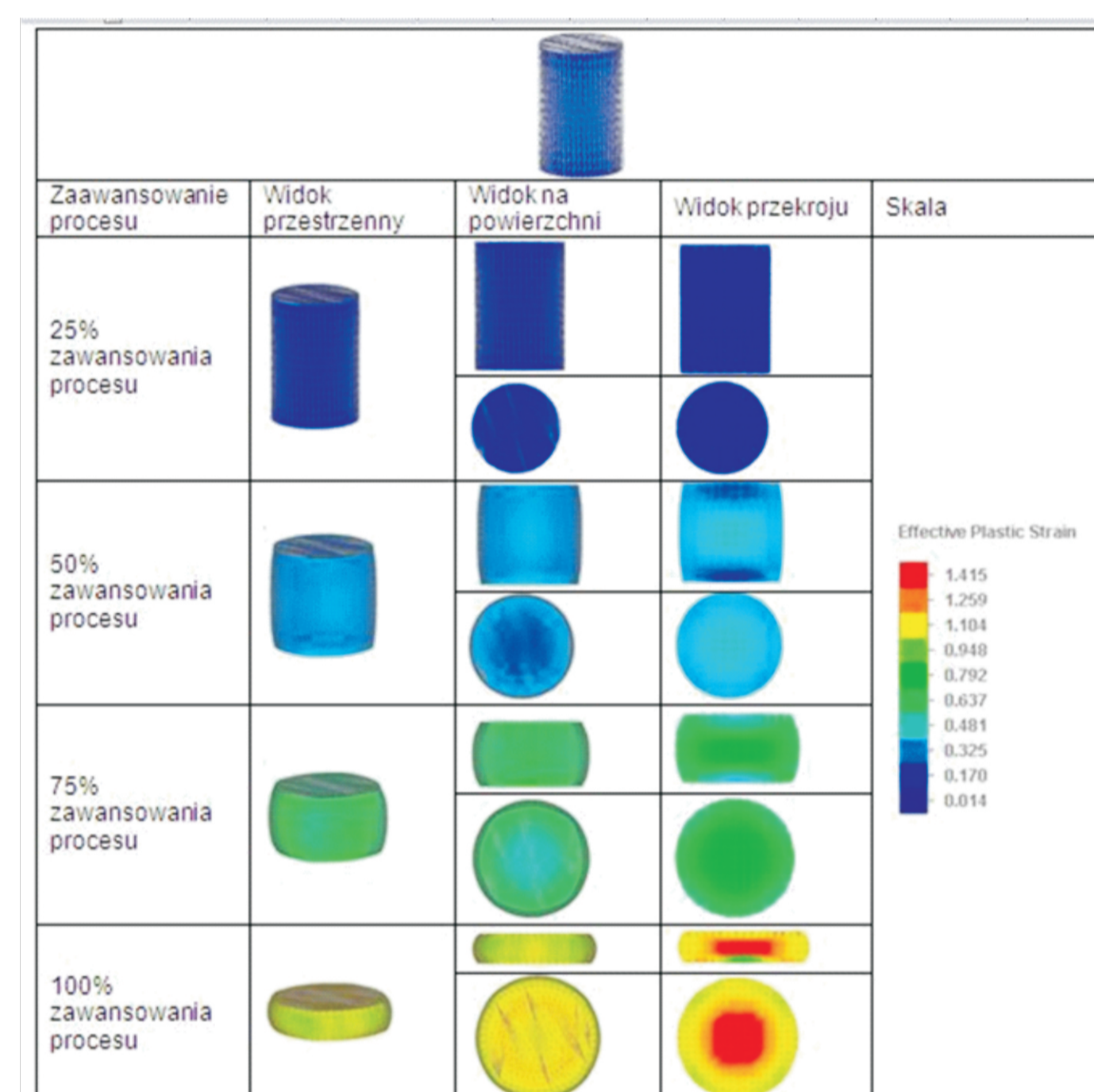
Założenia do modelowania procesu śpęczenia próbek ze stopu magnezu.
Assumptions for modeling magnesium alloy samples for upsetting test.

Przyjęto, że proces śpęczenia będzie realizowany przy zastosowaniu prasy hydraulicznej. Warunki kontaktu pomiędzy powierzchniami narzędzi, a kształtowany materiał opisano prawem Coulomba, a wartość współczynnika tarcia przyjęto na poziomie $\mu=0.3$, przyjęty zakres temperatur: początkowa temperatura wsadu 350C, 380C, 410C, temperatura matrycy górnej i dolnej odpowiednio 300C, 330C, 360C. Symulację śpęczenia przeprowadzono dla materiału wsadowego w postaci próbki walcowej o przekroju poprzecznym w kształcie koła i próbek prostokątnych o przekroju poprzecznym w kształcie koła, kwadratu, trójkąta. Modelowanie numeryczne procesu kucia matrycowego stopów magnezu Numerical modeling die forging of magnesium alloys.



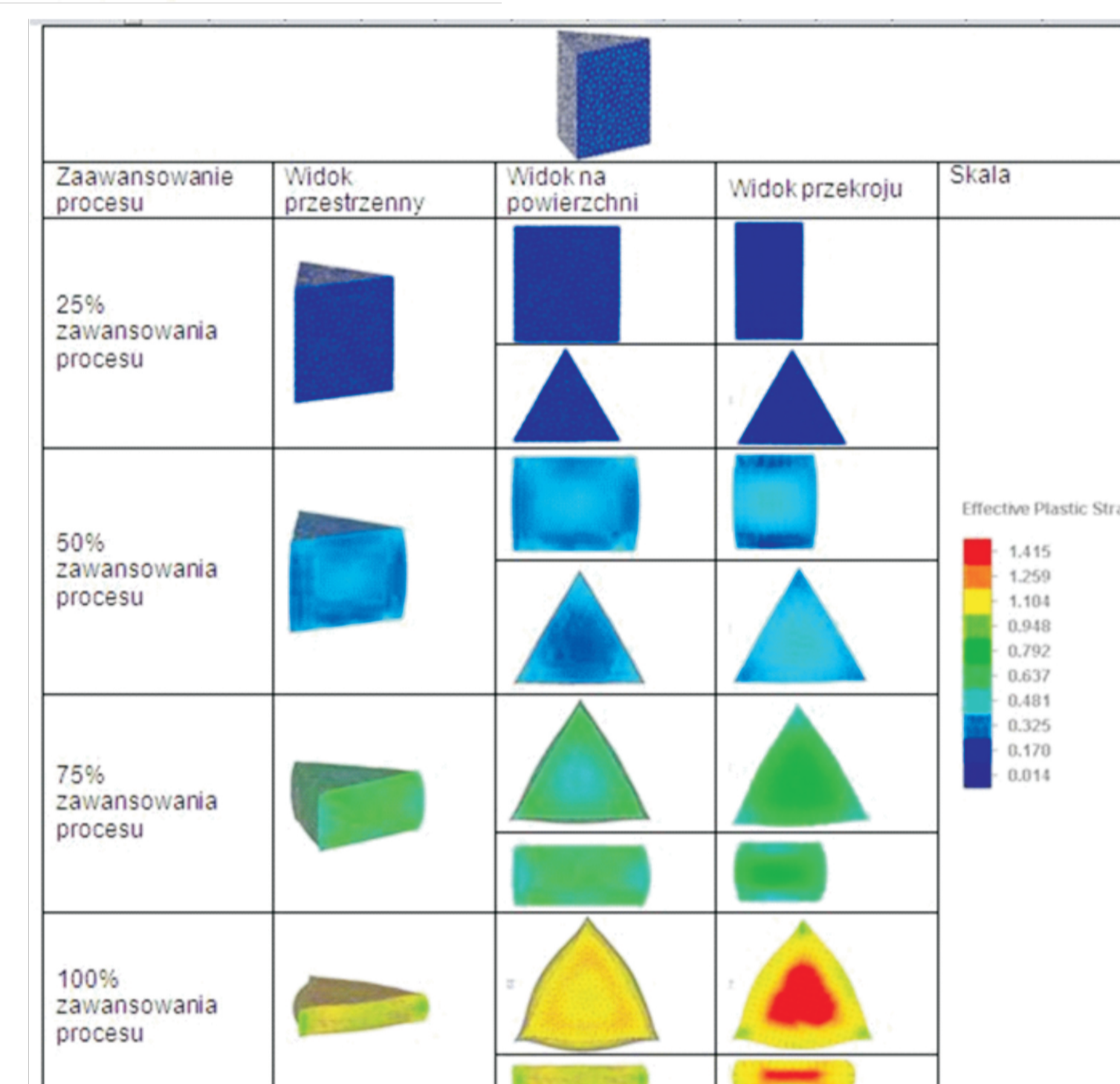
Rys. 5. Cechy charakterystyczne śpęczonego przekroju (A – pole przekroju poprzecznego śpęczonej próbki, V – objętość śpęczonej próbki).
Fig. 5. Characteristics upsetting cross section (A - cross-sectional area of the sample upsetting, V - volume of the sample upsetting).

Przykłady rozkładu odkształceń plastycznych na powierzchni próbek poddanych procesowi symulacji śpęczenia przedstawia.



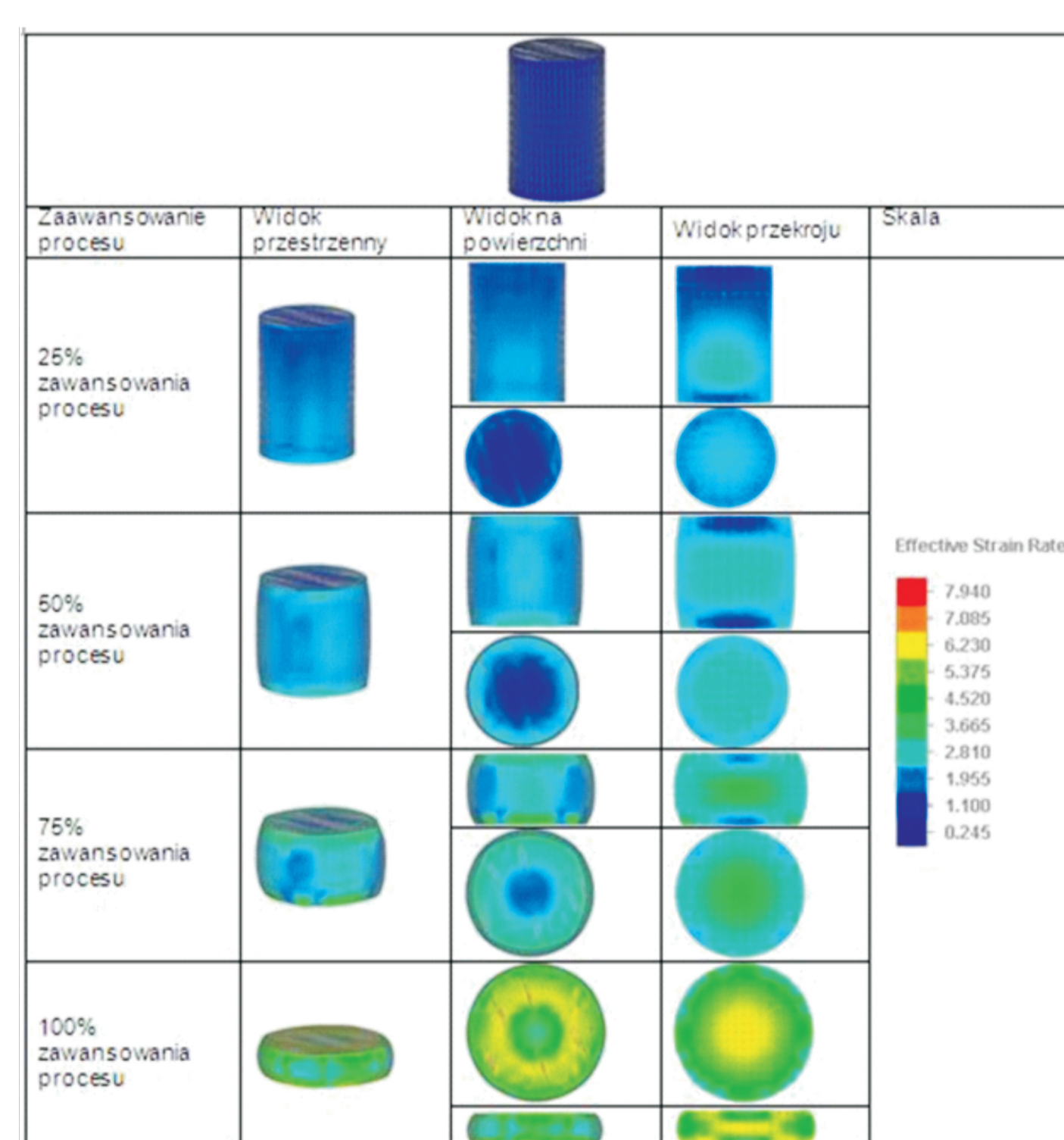
Rys. 6. Rozkład odkształceń na powierzchni wyrobu w poszczególnych etapach zaawansowania procesu symulacji kucia
Fig. 6 Strain distribution on the surface of the selected stage of the forging simulation

Przykłady rozkładu prędkości odkształceń na powierzchni próbek poddanych procesowi symulacji śpęczenia



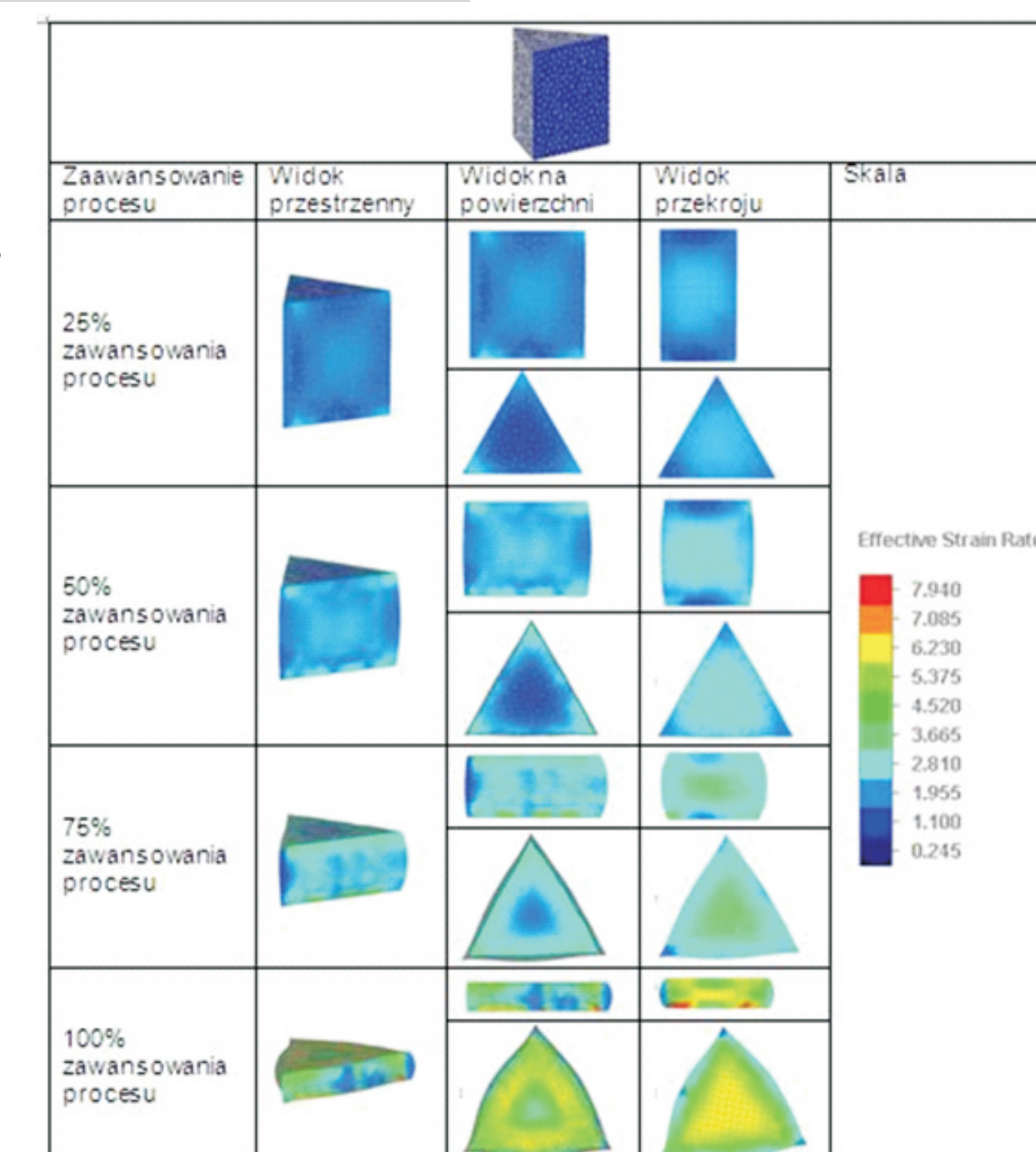
Rys. 7. Rozkład odkształceń na powierzchni wyrobu w poszczególnych etapach zaawansowania procesu symulacji kucia
Fig. 7 Strain distribution on the surface of the selected stage of the forging simulation

Przykłady rozkładu prędkości odkształceń na powierzchni próbek poddanych procesowi symulacji śpęczenia



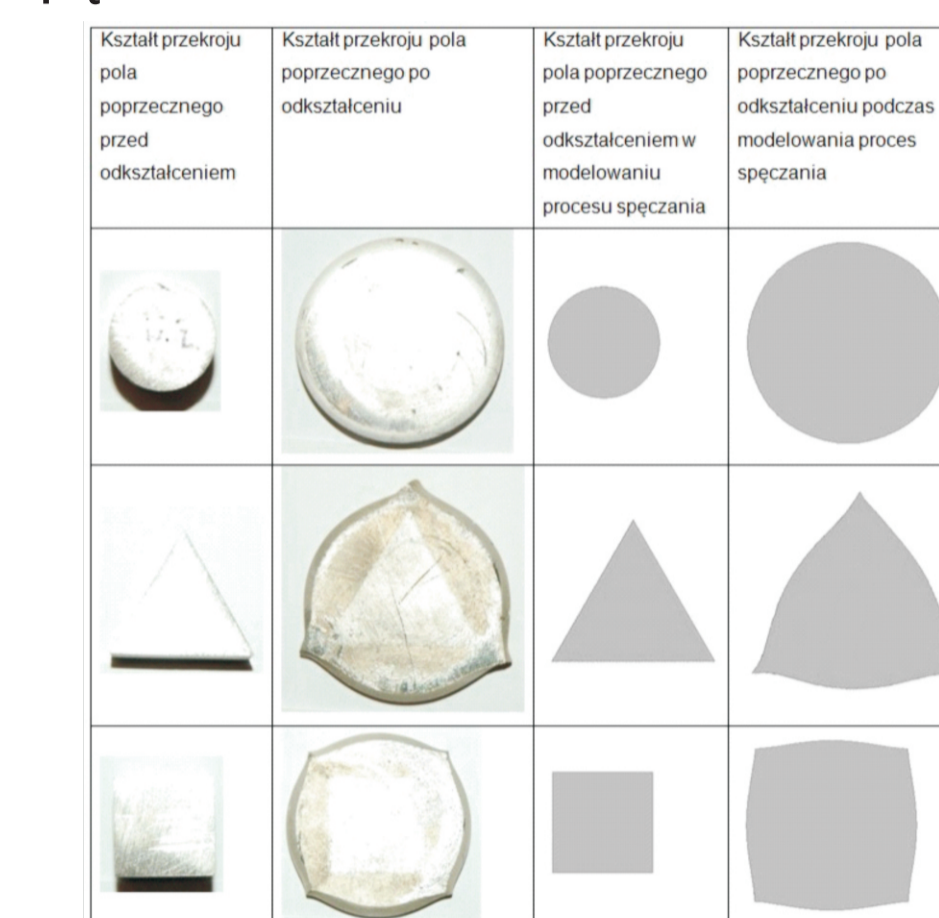
Rys. 8. Rozkład prędkości odkształceń w poszczególnych etapach symulacji procesu śpęczenia próbki o przekroju poprzecznym koła.
Fig. 8. Effective Strain Rate distribution on the surface of the selected stage of the forging process

Przykłady rozkładu prędkości odkształceń na powierzchni próbek poddanych procesowi symulacji śpęczenia

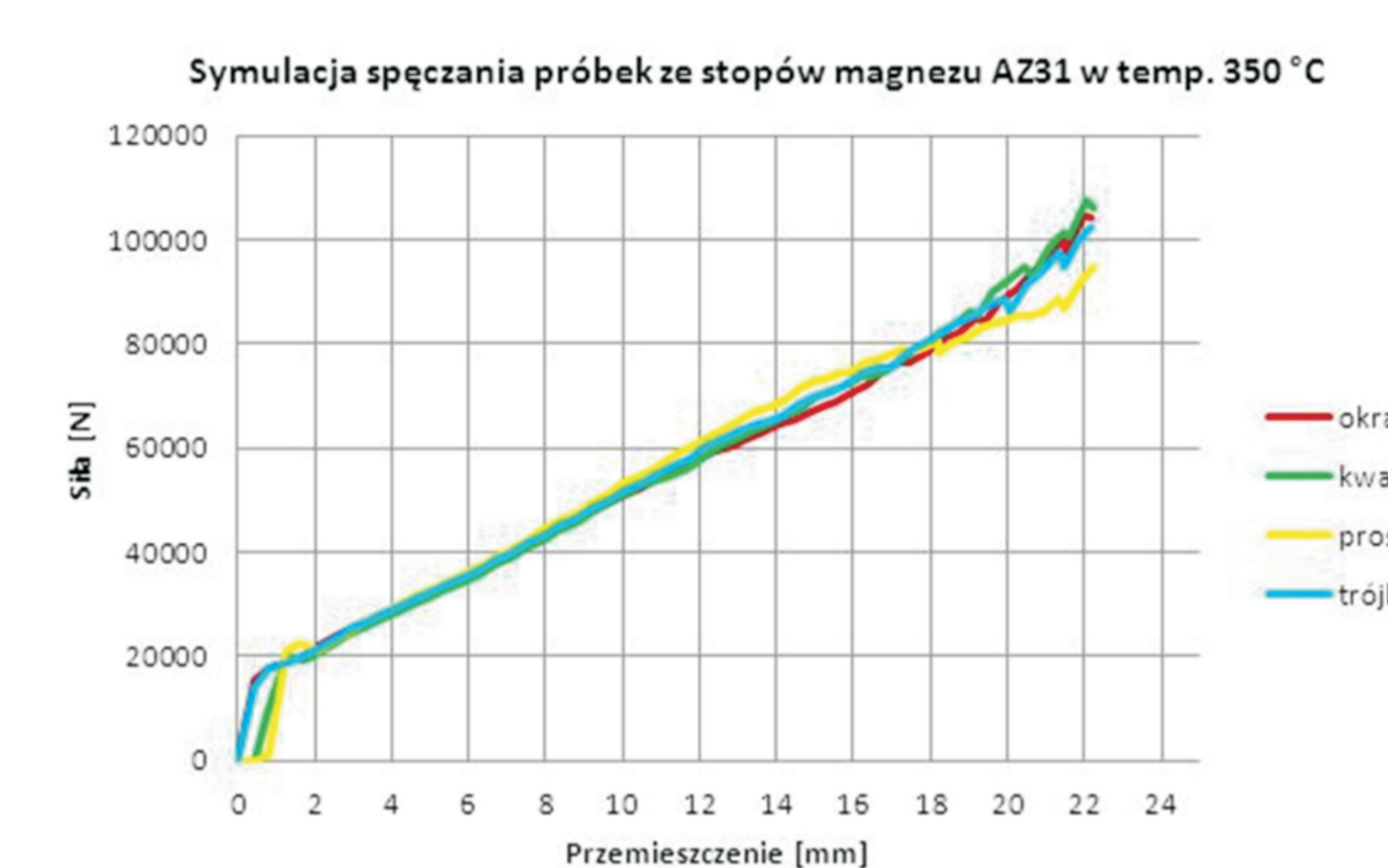


Rys. 9. Rozkład prędkości odkształceń w poszczególnych etapach symulacji procesu śpęczenia próbki o przekroju poprzecznym w kształcie trójkąta
Fig. 9. Effective Strain Rate distribution on the surface of the selected stage of the forging process

Wpływ kształtu przekroju poprzecznego na charakter płynięcia materiału podczas prób śpęczenia

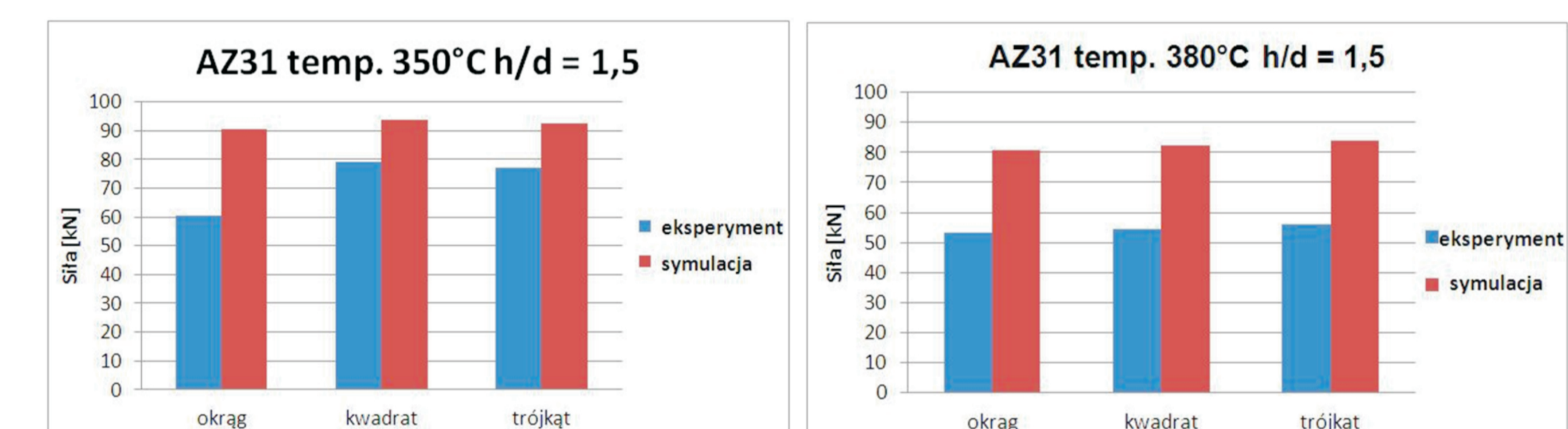


Rys. 10. Wpływ kształtu przekroju poprzecznego na charakter płynięcia materiału podczas prób symulacji śpęczenia
Fig. 10. Effect of cross-sectional shape of the nature of the material flow during the simulation tests recess



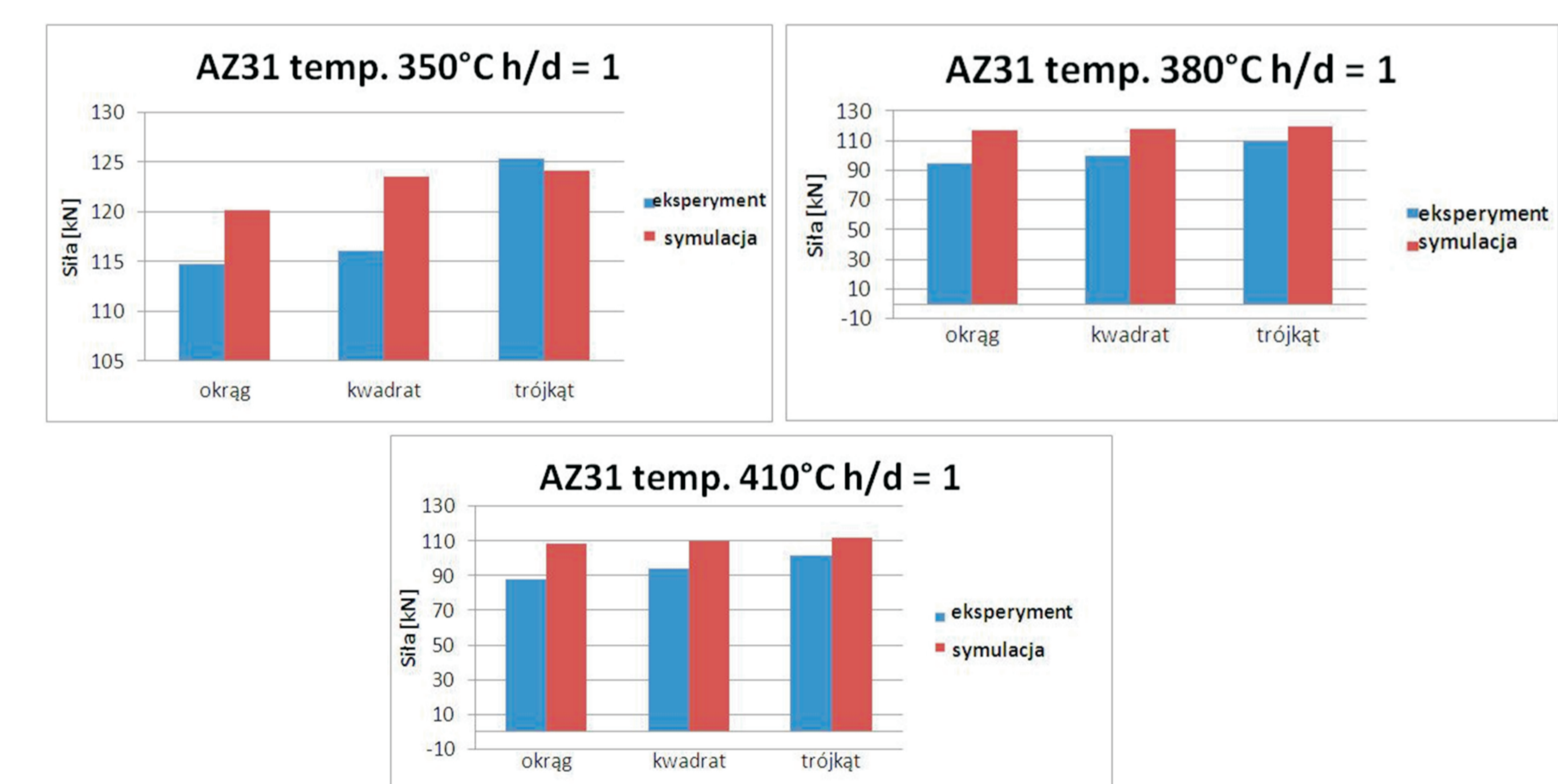
Rys. 11. Efekt różnicowania charakterystyk siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego śpęczonej próbki
Fig. 11. The effect of variation in the strength characteristics depending on the shape of the cross section of the solid for upsetting test

Efekt różnicowania maksymalnych wartości siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego śpęczonej próbki o stosunku h/d=1,5 w poszczególnych temperaturach.



Rys. 12. Efekt różnicowania maksymalnych wartości siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego śpęczonej próbki o stosunku h/d=1,5 w temp. 350C, 380C, 410C.
Fig. 12. The effect of differences in maximum force values depending on the cross-sectional shape of the body upsetting ratio h / d = 1.5 at 350C, 380C, 410C.

Efekt różnicowania maksymalnych wartości siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego śpęczonej próbki o stosunku h/d=1,5 w poszczególnych temperaturach.



Rys. 13. Efekt różnicowania maksymalnych wartości siłowych w zależności od kształtu przekroju poprzecznego śpęczonej próbki o stosunku h/d=1 w temp. 350C, 380C, 410C
Fig. 13. The effect of differences in maximum force values depending on the cross-sectional shape of the body upsetting ratio h / d = 1.5 at 350C, 380C, 410C.

Wyniki badań Results

Wyniki i analiza symulacji procesu śpęczenia próbek ze stopu magnezu AZ31

Wyniki modelowania przedstawiono w postaci rozkładów odkształceń oraz rozkładu prędkości odkształceń na powierzchni próbek poddanych procesowi symulacji śpęczenia. Podczas śpęczenia prostokątnego oprócz bezkształtowości bocznych ścian zwiększaniu ulegają również poprzeczne przekroje. W tym przypadku niejednorodność odkształcenia jest znacznie większa niż przy śpęczeniu materiałów cylindrycznych. W próbie koła rozkład odkształceń układu się równomiernie zwiększając się od środka na zewnątrz. Podobnie jest z próbkami o przekroju poprzecznym w kształcie kwadratu i trójkąta, lecz tutaj dochodzą jeszcze naroża i to przy ich końcach umiejscowione są rozkłady naprężeń o największej wartości. Podobnie jest z rozkładem prędkości odkształceń na powierzchni próbek podczas próby symulacji procesu śpęczenia stopów magnezu AZ31. W próbie o przekroju poprzecznym w kształcie koła rozkład temperatury układu się równomiernie zwiększając się od środka na zewnątrz. Podobnie jest z próbkami o przekroju poprzecznym w kształcie kwadratu i trójkąta, dodatkowo tutaj dochodzą jeszcze naroża i to przy ich końcach umiejscowione są rozkłady prędkości odkształceń o największej wartości

Results and analysis of simulation samples upsetting magnesium alloy AZ31

The modeling results are presented in the form of distributions of strain and strain rate distribution on the surface of the samples subjected to simulate the process of upsetting. In addition a barrel-shaped rectangular recess sidewalls are also distorted cross sections. In this case, the deformation uniformity is significantly larger than the cylindrical material upsetting. In a sample having a cross section in the shape of the strain distribution wheels arranged evenly increasing from the inside to the outside. Similarly, samples with a cross section in the shape of a square and a triangle, but here there are the corners and that at their ends are positioned stress distribution with the highest value. Similarly, the distribution of strain rate on the surface of samples when trying to simulate the upsetting process of magnesium alloy AZ31. In the sample cross-section in the shape of circles arranged temperature distribution increases steadily from the inside out. Similarly, samples with a cross section in the shape of a square and a triangle, there are also additionally here corners and that at their ends are located deformation velocity distributions of the highest value