

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 247222 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **441964**

(22) Data zgłoszenia: **2022.08.08**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.10.09 BUP 41/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.02 WUP 22/2025**

(51) MKP:

**B21J 5/02** (2006.01)

**B21J 7/02** (2006.01)

**B21J 11/00** (2006.01)

**B21K 1/12** (2006.01)

**B21K 29/00** (2006.01)

**B21D 53/84** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**ANNA DZIUBIŃSKA, Lublin, PL**

**WOJCIECH PRESZ, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Oliwia Czarnocka, Warszawa, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób kształtowania na młocie odkuwki ze stopów magnezu, w szczególności łącznika stabilizatora**

**PL 247222 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób kształtowania na młocie odkuwki ze stopów magnezu, w szczególności łącznika stabilizatora.

Dotychczas znane i stosowane są metody wytwarzania łączników ze stopów magnezu do przeróbki plastycznej z grupy magnez-cynk-cyrkon takie jak obróbka skrawaniem i kucie matrycowe.

Przy wytwarzaniu łączników samochodowych stosowana jest technologia obróbki skrawaniem, którą opisano w literaturze W. Olszaka „Obróbka skrawaniem”, WNT, Warszawa 2008 r. Obróbka skrawaniem łączników samochodowych polega na nadaniu powierzchniom żądanego kształtu, wymiarów oraz jakości powierzchni poprzez usuwanie materiału z wsadu w postaci prostopadłościanu lub walca przy użyciu narzędzi skrawających. Technologia ta odznacza się dużą pracochłonnością, czasochłonnością, energochłonnością procesu i generowaniem dużych strat materiałowych oraz niską jakością ukształtowanych wyrobów.

Najlepsze własności wytrzymałościowe łączników stosowanych w przemyśle samochodowym zapewniają procesy kształtowania plastycznego opisane w literaturze J. Sińczak „Procesy przeróbki plastycznej”, Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków 2003 r. Przykładem jest kucie matrycowe opisane w literaturze specjalistycznej przez P. Skubisza „Technologie kucia matrycowego”, ARBOR FP, Kraków 2010 r. Proces prowadzi się wieloetapowo w trzech operacjach – gięcie, kucie wstępne, kucie końcowe z wsadu już przerobionego plastycznie z dużym nadładkiem na wyplwykę. Około 50% masy odkuwki stanowi odpad technologiczny, przy zastosowaniu drogich systemów grzewczych narzędzi.

Z opisu patentu PL 237778 B1 znany jest sposób kucia na młocie półfabrykatu, zwłaszcza do wytwarzania korbowodu samochodowego, w którym matryce górną i dolną posiadające w części środkowej jednakowe wykroje robocze i nagrzewa się w piecu przy użyciu palników gazowych do temperatury 250°C i umieszcza się na młocie kuźniczym o energii uderzenia 36 kJ i masie bijaka 1000 kg. W dalszej kolejności materiał wsadowy w kształcie przedkuwki kształtowej odlewanej w formach piaskowych z mniej plastycznych stopów aluminium z grupy aluminium-cynk-magnez nagrzewa się w piecu w zakresie temperatur 460–500°C, korzystnie 480°C, w czasie do 40 minut. Następnie nagrany materiał wsadowy umieszcza się w wykroju roboczym matrycy dolnej. Dalej wprawia się matrycę górną w ruch postępowy z prędkością do 10 m/s w kierunku matrycy dolnej i zgniata się materiał wsadowy wykrojem roboczym matrycy górnej i wykrojem roboczym matrycy dolnej i kształtuje się półfabrykat z mniejszym stopniem przekucia.

Z opisu patentu PL 237779 B1 znany jest sposób kształtowania na młocie półfabrykatu, zwłaszcza do wytwarzania mocowania lotniczego, w którym matryce górną i dolną posiadające w części środkowej wykroje robocze, nagrzewa się w piecu i przy użyciu palników gazowych do temperatury 250°C i umieszcza się na młocie kuźniczym o energii uderzenia 36 kJ i masie bijaka 1000 kg. Po czym materiał wsadowy w kształcie przedkuwki kształtowej odlewanej w formach piaskowych z mniej plastycznych stopów aluminium z grupy aluminium-miedź nagrzewa się w piecu w zakresie temperatur 460–500°C, korzystnie 480°C, w czasie do 50 minut. Nagrzany materiał wsadowy umieszcza się w wykroju roboczym matrycy dolnej. Następnie wprawia się matrycę górną w ruch postępowy z prędkością do 10 m/s w kierunku matrycy dolnej i zgniata się materiał wsadowy wykrojem roboczym matrycy górnej i wykrojem roboczym matrycy dolnej i kształtuje się półfabrykat z większym stopniem przekucia.

Z opisu patentu PL 237778 B1 znany jest sposób kucia na młocie półfabrykatu, zwłaszcza do wytwarzania mocowania lotniczego, w którym matryce górną i dolną posiadające w części środkowej wykroje robocze nagrzewa się w piecu przy użyciu palników gazowych do temperatury 300°C i umieszcza się na młocie kuźniczym o energii uderzenia 36 kJ i masie bijaka 1000 kg. Materiał wsadowy w kształcie przedkuwki kształtowej odlewanej w formach piaskowych z mniej plastycznych stopów magnezu z grupy magnez-aluminium-cynk nagrzewa się w piecu w zakresie temperatur 400–430°C, korzystnie 420°C, w czasie do 45 minut. Nagrzany materiał wsadowy umieszcza się w wykroju roboczym matrycy dolnej. W dalszej kolejności wprawia się matrycę górną w ruch postępowy z prędkością do 8 m/s w kierunku matrycy dolnej i zgniata się materiał wsadowy wykrojem roboczym matrycy górnej i wykrojem roboczym matrycy dolnej i kształtuje się półfabrykat z mniejszym stopniem przekucia. Badania numeryczne i doświadczalne dla sposobu według patentu PL 237778 B1 przedstawiono na przykładzie stopu magnezu AZ61 w artykule A. Dziubińskiej, P. Surdackiego, K. Majerskiego „The Analysis of Deformability, Structure and Properties of AZ61 Cast Magnesium Alloy in a New Hammer Forging Process for Aircraft Mounts”, *Materials*, 2021, vol. 14, nr 10, s. 1–25. Udowodniono w nim poprawę własności użytkowych i mechanicznych odlewów poddanych przeróbce cieplno-plastycznej według sposobu z opisu patentowego.

Celem wynalazku jest kształtowanie plastyczne na młocie odkuwki łącznika stabilizatora z materiału wsadowego w postaci odlewu kształtowego ze stopów magnezu do przeróbki plastycznej z grupy magnez-

cynk-cyrkon w jednej operacji kształtowania w wykroju końcowym na młocie, ograniczając poprzez to straty materiałowe, czas realizacji procesu oraz jego energochłonność.

Istotą sposobu kształtowania na młocie odkuwki ze stopów magnezu, w szczególności łącznika stabilizatora, polegającego na tym, że stempel górny i matrycę dolną nagrzewa się w piecu i montuje się na młocie, po czym materiał wsadowy w postaci odlewu kształtowego nagrzewa się w piecu, umieszcza się w wykroju matrycy dolnej, po czym wprawia się stempel górny w ruch postępowy, ściska się materiał wsadowy wykrojem stempla górnego i wykrojem matrycy dolnej kształtując odkuwkę, jest to, że stempel górny i matrycę dolną nagrzewa się w piecu do temperatur od 260°C do 300°C i montuje się na młocie, po czym materiał wsadowy ze stopów magnezu do przeróbki plastycznej z grupy magnez-cynk-cyrkon, nagrzewa się w piecu w temperaturze od 350°C do 450°C w czasie od 35 minut do 40 minut, po czym materiał wsadowy umieszcza się w wykroju matrycy dolnej i ściska się na młocie materiał wsadowy stemplem górnym wprawionym w ruch postępowy z prędkością od 8 do 10 m/s z maksymalną energią uderzenia w zakresie od 35,96 kJ do 45,64 kJ, kształtując odkuwkę łącznika z maksymalnym odkształceniem w zakresie od 4,68 do 7,29.

Korzystnie, materiał wsadowy nagrzewa się w piecu w temperaturze 400°C.

Korzystnie, materiał wsadowy nagrzewa się w piecu w czasie 40 minut.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że zastosowanie do procesu kształtowania na młocie materiału wsadowego w postaci odlewu kształtowego, pozwala na oszczędności materiału do 30% w stosunku do obecnie stosowanej w przemyśle technologii obróbki skrawaniem odlewów. Zastosowanie materiału wsadowego w postaci odlewu kształtowego do procesu kształtowania na młocie odkuwki łącznika stabilizatora ze stopów magnezu do przeróbki plastycznej z grupy magnez-cynk-cyrkon pozwala ograniczyć ilość i czas operacji potrzebnych do uzyskania odkuwki oraz wpływa na wzrost wydajności i zmniejszenie pracochłonności procesu.

Produkt otrzymany sposobem według wynalazku cechuje się wyższą jakością materiału wynikającą z rozdrobnienia struktury w całej objętości, dużą gładkością powierzchni, co przekłada się na lepsze własności mechaniczne i użytkowe w stosunku do wyrobów wykonywanych poprzez odlewanie i obróbkę skrawaniem.

Sposób kształtowania na młocie odkuwki ze stopów magnezu według wynalazku został opisany w przykładzie realizacji oraz na rysunku, na którym:

- Fig. 1 – przedstawia widok perspektywiczny narzędzi z wyrwaniem z materiałem wsadowym;
- Fig. 2 – przedstawia widok perspektywiczny stykających się narzędzi z wyrwaniem z odkuwką;
- Fig. 3 – przedstawia widok perspektywiczny stempla górnego;
- Fig. 4 – przedstawia widok perspektywiczny matrycy dolnej;
- Fig. 5 – przedstawia widok perspektywiczny z góry materiału wsadowego;
- Fig. 6 – przedstawia widok perspektywiczny z dołu materiału wsadowego;
- Fig. 7 – przedstawia widok z góry materiału wsadowego;
- Fig. 7a – przedstawia przekrój materiału wsadowego wzdłuż linii A-A z Fig. 7;
- Fig. 7b – przedstawia przekrój materiału wsadowego wzdłuż linii B-B z Fig. 7;
- Fig. 8 – przedstawia widok perspektywiczny z góry odkuwki;
- Fig. 9 – przedstawia widok perspektywiczny z dołu odkuwki;

Rys. 1a przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z góry dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 350°C według wynalazku, uzyskany z analizy MES;

Rys. 1b przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z dołu dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 350°C według wynalazku, uzyskany z analizy MES;

Rys. 2a przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z góry dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 400°C według wynalazku uzyskany z analizy MES;

Rys. 2b przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z dołu dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 400°C według wynalazku uzyskany z analizy MES;

Rys. 3a przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z góry dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 450°C według wynalazku, uzyskany z analizy MES;

Rys. 3b przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z dołu dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 450°C według wynalazku, uzyskany z analizy MES;

Rys. 4a przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z góry dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 350°C według wynalazku uzyskany z analizy MES;

Rys. 4b przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z dołu dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 350°C według wynalazku uzyskany z analizy MES;

Rys. 5a przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z góry dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 400°C według wynalazku uzyskany z analizy MES;

Rys. 5b przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z dołu dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 400°C według wynalazku uzyskany z analizy MES;

Rys. 6a przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z góry dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 450°C według wynalazku, uzyskany z analizy MES;

Rys. 6b przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanej odkuwce w widoku z dołu dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 450°C według wynalazku, uzyskany z analizy MES;

Rys. 7a przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanym półfabrykacie w widoku z góry, wykonany w oparciu o dokument patentowy PL 237774 B1 i uzyskany z analizy MES;

Rys. 7b przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanym półfabrykacie w widoku z dołu, wykonany w oparciu o dokument patentowy PL 237774 B1 i uzyskany z analizy MES;

Wykres 1 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu ZK60 dla temperatury 350°C;

Wykres 2 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu ZK60 dla temperatury 400°C;

Wykres 3 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu ZK60 dla temperatury 450°C;

Wykres 4 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu AZ61 dla temperatury 350°C;

Wykres 5 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu AZ61 dla temperatury 400°C;

Wykres 6 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu AZ61 dla temperatury 450°C;

Wykres 7 – przedstawia zależność energii uderzenia stempla górnego od czasu dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 350°C według wynalazku otrzymanej z analizy MES;

Wykres 8 – przedstawia zależność energii uderzenia stempla górnego od czasu dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 400°C według wynalazku otrzymanej z analizy MES;

Wykres 9 – przedstawia zależność energii uderzenia stempla górnego od czasu dla temperatury narzędzi 260°C i materiału wsadowego 450°C według wynalazku otrzymanej z analizy MES;

Wykres 10 – przedstawia zależność energii uderzenia stempla górnego od czasu dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 350°C według wynalazku otrzymanej z analizy MES;

Wykres 11 – przedstawia zależność energii uderzenia stempla górnego od czasu dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 400°C według wynalazku otrzymanej z analizy MES;

Wykres 12 – przedstawia zależność energii uderzenia stempla górnego od czasu dla temperatury narzędzi 300°C i materiału wsadowego 450°C według wynalazku otrzymanej z analizy MES;

Wykres 13 – przedstawia zależność energii uderzenia matrycy górnej od czasu wykonany w oparciu o dokument patentowy PL 237778 B1 i otrzymany z analizy MES.

#### Przykład 1

Sposób kształtowania na młocie odkuwki ze stopów magnezu w przykładach wykonania dla stopu magnez-cynk-cyrkon z gatunku ZK60 według normy ASTM B91-97, w szczególności łącznika stabilizatora, przeznaczonego do modelu Audi A4 – typ B6/ B7 produkowanego w latach 2001–2008 polegający na tym, że stempel górny 1 i matrycę dolną 2 posiadające w części środkowej wykroje 1a i 2a w postaci bryły, której zarys zbliżony jest do litery „U” z kołowymi zagłębieniami na jej końcach, nagrzewano w piecu w temperaturze 260°C i zamontowano na młocie o energii uderzenia 110 kJ i masie bijaka 3000 kg. Po czym materiał wsadowy 3a w postaci odlewu ze stopu magnezu ZK60 według normy ASTM B91-97, w postaci bryły, której zarys zbliżony jest do litery „U” z kołowymi zagłębieniami na jej końcach i owalnymi zagłębieniami na jej łączniku, o objętości 117565,650 mm<sup>3</sup> i masie 0,212 kg nagrzewano w piecu w temperaturze 350°C przez 40 minut. Następnie nagrany materiał wsadowy 3a umieszczono w wykroju 2a nieruchomej matrycy dolnej 2. Po czym wprowadzono stempel górny 1 w ruch postępowy z prędkością V1 wynoszącą od 8 do 10 m/s w kierunku nieruchomej matrycy dolnej 2 i ścisano materiał wsadowy 3a wykrojem 1a stempla górnego 1 i wykrojem 2a matrycy dolnej 2 z maksymalną energią uderzenia 43,27 kJ i kształtowano odkuwkę łącznika stabilizatora 3b z maksymalnym odkształceniem 4,72.

## Przykład 2

Sposób kształtowania na młocie odkuwki łącznika stabilizatora ze stopów magnez-cynk-cyrkon przeznaczonych do modelu Audi A4 – typ B6/B7 realizowany wg przykładu 1, przy czym stempel górny 1 i matrycę dolną 2 nagrzewano w piecu w temperaturze 300°C, przy czym materiał wsadowy 3a ściskano z maksymalną energią uderzenia 42,53 kJ i kształtowano odkuwkę łącznika stabilizatora 3b z maksymalnym odkształceniem 5,62.

## Przykład 3

Sposób kształtowania na młocie odkuwki łącznika stabilizatora ze stopów magnez-cynk-cyrkon przeznaczonych do modelu Audi A4 – typ B6/ B7 realizowany wg przykładu 1, przy czym materiał wsadowy 3a nagrzewano w piecu w temperaturze 450°C przez 35 minut, ściskano z maksymalną energią uderzenia 42,36 kJ i kształtowano odkuwkę łącznika stabilizatora 3b z maksymalnym odkształceniem 4,68.

Otrzymano odkuwkę o wyższych własnościach mechanicznych i użytkowych wynikających z korzystniejszej struktury ukształtowanego wyrobu w stosunku do wyrobów wykonywanych poprzez odlewanie i obróbkę skrawaniem.

Przeprowadzono analizę porównawczą Metodą Elementów Skończonych MES sposobu kształtowania na młocie odkuwki łącznika stabilizatora według wynalazku – M1 oraz sposobu kucia na młocie półfabrykatu, zwłaszcza do wytwarzania mocowania lotniczego w oparciu o dokument patentowy PL 237778 B1 – M2. Modelowanie numeryczne przeprowadzono w systemie przeznaczonym do symulacji procesów obróbki plastycznej – Deform 3D zgodnie z parametrami przyjętymi w tabeli 1.

Tabela. 1 – Parametry i wyniki sposobu kształtowania według wynalazku i kucia według opisu patentowego PL 237778 B1

Nazwa parametru	Jednostki	Sposób według wynalazku						Sposób według dokumentu patentowego PL 237778 B1 – M2
		M1.1	M1.2	M1.3	M1.4	M1.5	M1.6	
Parametry procesu								
Temperatura nagrzania narzędzi w piecu	[°C]	260	260	260	300	300	300	250
Temperatura materiału wsadowego	[°C]	350	400	450	350	400	450	400
Czas nagrzewu materiału wsadowego w piecu	[min]	40	35	35	40	35	35	45
Materiał	[-]	Model stopu magnezu w gatunku ZK60 z grupy Mg-Zn-Cr odlewany do form piaskowych utworzony na podstawie krzywych płynięcia z badań plastometrycznych						Model stopu magnezu w gatunku AZ61 z grupy Mg-Al-Zn odlewany do form piaskowych utworzony na podstawie krzywych płynięcia z badań plastometrycznych
Moduł Younga	GPa	44,8						44,8
Liczba Poissona	[-]	0,35						0,35
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	$\mu\text{m}/\text{m}^{\circ}\text{C}$	26						26
Przewodność cieplna	W/mK	120						70
Liczba elementów skończonych materiału wsadowego	[-]	150 000						150 000
Objętość materiału wsadowego	$\text{mm}^2$	117565,650						270701,054
Masa materiału wsadowego	kg	0,212						0,487
Maksymalna wysokość geometrii materiału wsadowego	[mm]	28						42,5

Maksymalna wysokość geometrii odkuwki	[mm]	19						28,5
Stopień przekucia= maksymalna wysokość geometrii materiału wsadowego ÷ maksymalna wysokość geometrii odkuwki	[-]	1,47						1,49
Energii uderzenia młota	[kJ]	110	110	110	110	110	110	36
Masa bijaka młota	[kg]	3000	3000	3000	3000	3000	3000	1000
Czynnik tarcia	[-]	0,25						0,25
Współczynnik wymiany ciepła materiał wsadowy - narzędzia	kW/m <sup>2</sup> K	4,5						4,5
Współczynnik wymiany ciepła materiał wsadowy - otoczenie	kW/m <sup>2</sup> K	0,03						0,03
Wyniki MES								
Maksymalna energia uderzenia górnego narzędzia z MES	[kJ]	43,27	45,64	37,62	42,53	35,96	42,36	19,88
Maksymalne odkształcenie w ukształtowanym wyrobie	[-]	4,72	7,29	4,72	5,62	6,24	4,68	4,98
Pole powierzchni styku ukształtowanej odkuwki z narzędziem górnym	[mm <sup>2</sup> ]	14026,8	14054,7	14090,8	13867,5	13944,3	13882,1	18793,9
Pole powierzchni styku ukształtowanej odkuwki z narzędziem dolnym	[mm <sup>2</sup> ]	13397,8	13418,4	13433,4	13210,2	13312,3	13280	25647,5

Do modelowania MES wykorzystano utworzone modele materiałów opracowane na podstawie badań plastometrycznych metodą spęczania walców. Badania te przeprowadzono dla odlewanych w formach piaskowych stopu magnezu ZK60 według normy ASTM B91-97 oraz stopu magnezu w gatunku AZ61 według normy ASTM B951-10 o składzie chemicznym przedstawionym w tabeli 2.

Tabela 2 – Skład chemiczny stopu magnezu ZK60 stosowanego w sposobie według wynalazku według normy ASTM B91-97 i stopu magnezu AZ61 według normy ASTM B951-10 stosowany w sposobie według opisu patentowego PL237778B1.

Materiał	Skład chemiczny stopów magnezu (% mas.)									
	Al	Zn	Mn	Fe	Si	Zr	Cu	Ni	Inne	Mg
stop magnezu ZK60		4,8-6,2	-	-	-	min. 0,45	-	-	0,30	reszta
stop magnezu AZ61	5,8-7,2	0,4-1,5	0,15-0,5	max. 0,005	max. 0,10	-	max. 0,05	max. 0,005	-	reszta

Badania plastometryczne wykonano na dylatometrze odkształceniowym w temperaturach 350°C, 400°C, 450°C przy prędkościach odkształcenia 0,01 s<sup>-1</sup>; 0,1 s<sup>-1</sup>; 1 s<sup>-1</sup>; 10 s<sup>-1</sup>. Na podstawie uzyskanych wyników z pomiarów wyznaczono krzywe płynięcia dla stopu ZK60 przedstawione na wykresach 1–3 i dla stopu magnezu AZ61 przedstawione na wykresach 4–6.

W symulacjach numerycznych analizie poddano: maksymalną energię uderzenia narzędzia górnego w funkcji czasu, maksymalne odkształcenie w ukształtowanych wyrobach, pole powierzchni styku

ukształtowanej odkuwki z narzędziem górnym, pole powierzchni styku ukształtowanej odkuwki z narzędziem dolnym dla obu analizowanych sposobów. Otrzymaną z analizy numerycznej maksymalną energię uderzenia i maksymalne odkształcenie w ukształtowanej odkuwce według wynalazku – M1 przedstawiono na wykresach 7–12 oraz Rys. 1–6. Maksymalną energię uderzenia i maksymalne odkształcenie w ukształtowanym półfabrykacie uzyskane z analizy numerycznej wykonanej w oparciu o dokument patentowy PL 237778 B1 – M2 przedstawiono na wykresie 13 i Rys. 7a i 7b.

#### Wykaz oznaczeń

- 1 – stempel górny
- 1a – wykrój stempla górnego
- 2 – matryca dolna
- 2a – wykrój matrycy dolnej
- 3a – materiał wsadowy
- 3b – odkuwka łącznika stabilizatora
- $V_1$  – prędkość stempla górnego

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób kształtowania na młocie odkuwki ze stopów magnezu w szczególności łącznika stabilizatora, polegającego na tym, że stempel górny i matrycę dolną nagrzewa się w piecu i montuje się na młocie, po czym materiał wsadowy w postaci odlewu kształtowego nagrzewa się w piecu, umieszcza się w wykroju matrycy dolnej, po czym wprawia się stempel górny w ruch postępowy, ściska się materiał wsadowy wykrojem stempla górnego i wykrojem matrycy dolnej kształtując odkuwkę, **znamienny tym**, że stempel górny (1) i matrycę dolną (2) nagrzewa się w piecu do temperatur od 260°C do 300°C i montuje się na młocie, po czym materiał wsadowy (3a) ze stopów magnezu do przeróbki plastycznej z grupy magnez-cynk-cyrkon nagrzewa się w piecu w zakresie temperatur od 350°C do 450°C, w czasie od 35 minut do 40 minut, następnie nagrzaną materiał wsadowy (3a) umieszcza się w wykroju (2a) matrycy dolnej (2) i ściska się na młocie materiał wsadowy (3a) stemplem górnym (1) wprawionym w ruch postępowy z prędkością ( $V_1$ ) wynoszącą od 8 do 10 m/s i z maksymalną energią uderzenia w zakresie od 35,96 kJ do 45,64 kJ, kształtując odkuwkę łącznika stabilizatora (3b) z maksymalnym odkształceniem w zakresie od 4,68 do 7,29.
2. Sposób kształtowania na młocie odkuwki ze stopów magnezu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że materiał wsadowy (3a) nagrzewa się w piecu w temperaturze 400°C.
3. Sposób kształtowania na młocie odkuwki ze stopów magnezu według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że materiał wsadowy (3a) nagrzewa się w piecu w czasie 40 minut.

## Rysunki

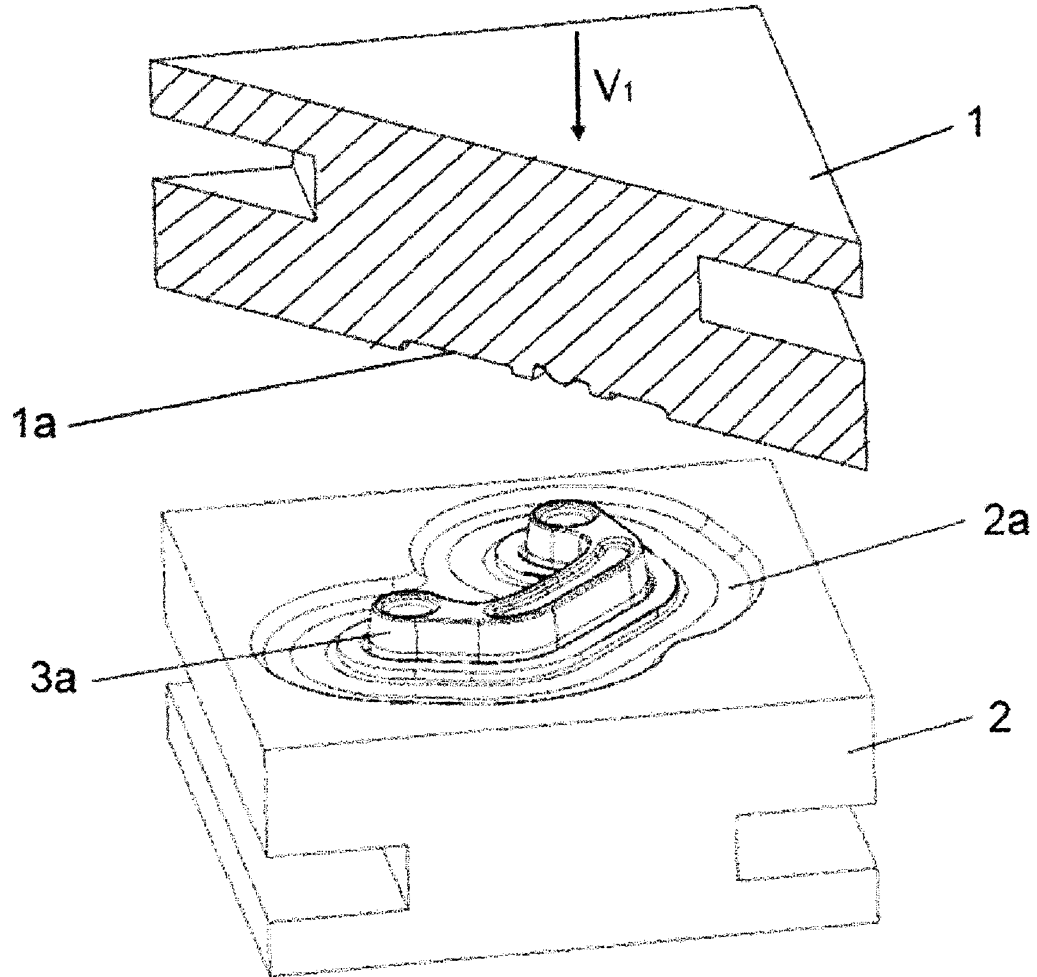


Fig. 1

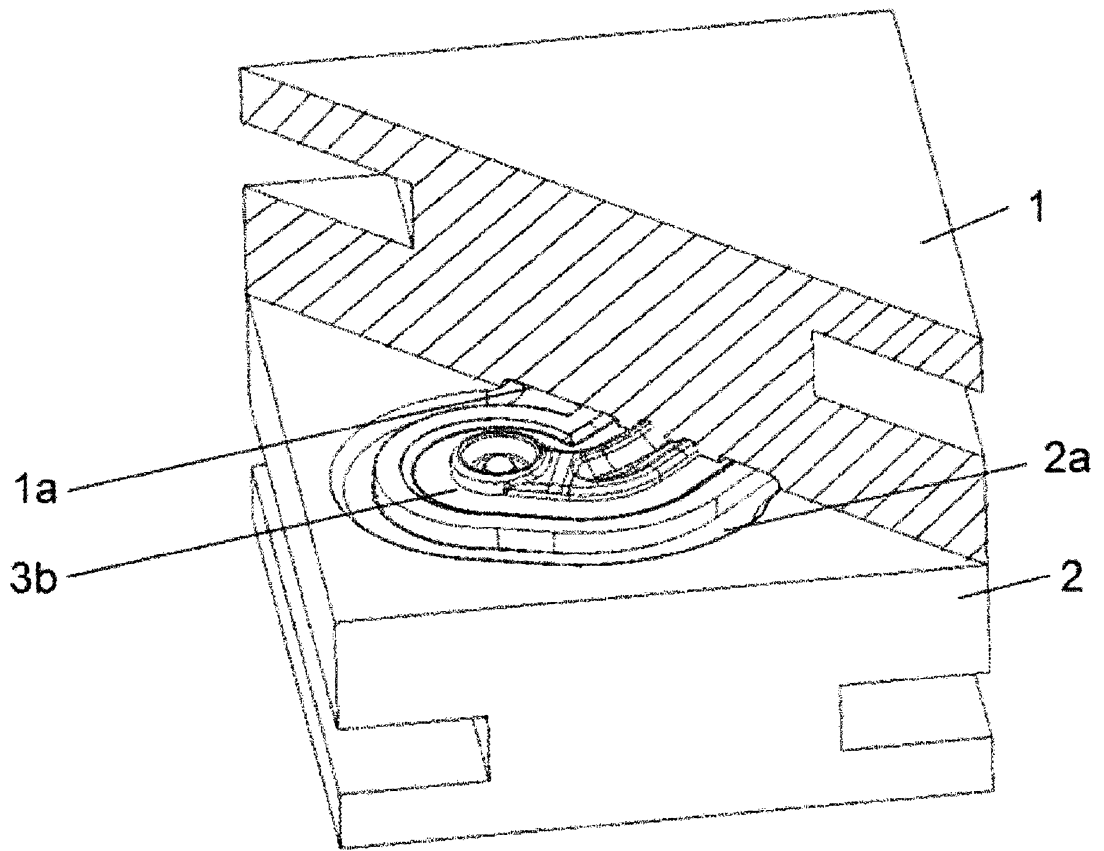


Fig. 2

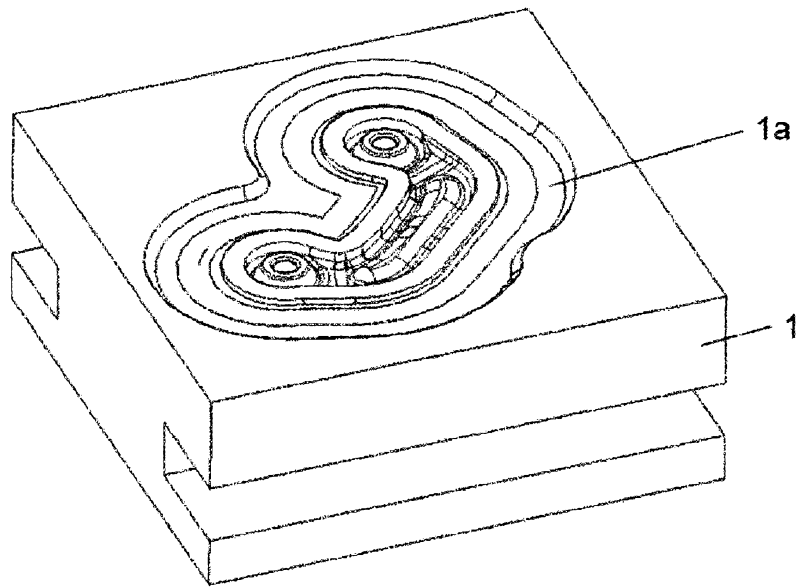


Fig. 3

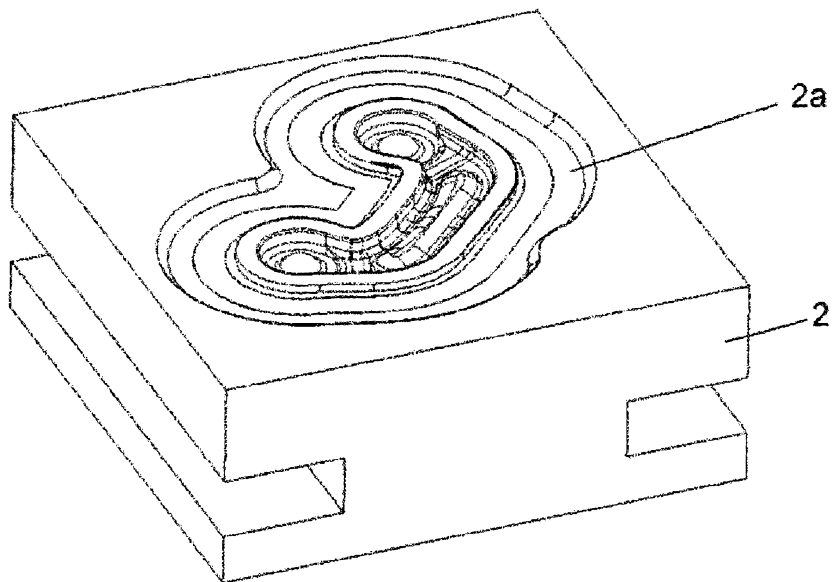


Fig. 4

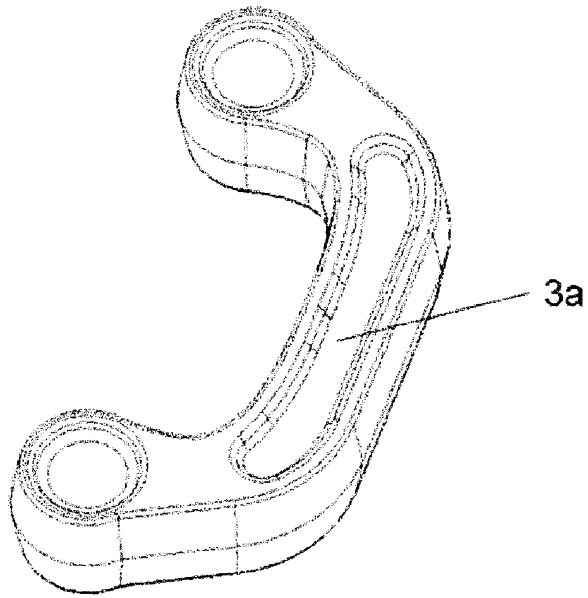


Fig. 5

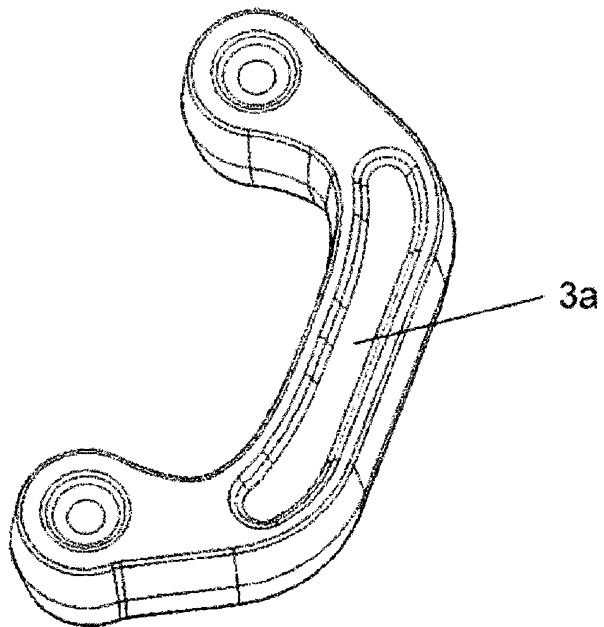


Fig. 6

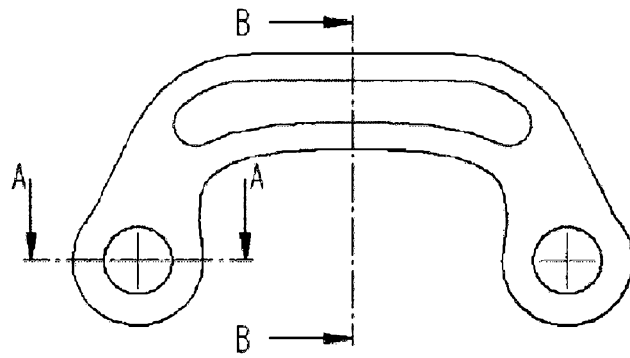
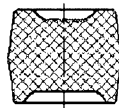


Fig. 7



A-A

Fig. 7a



B-B

Fig. 7b

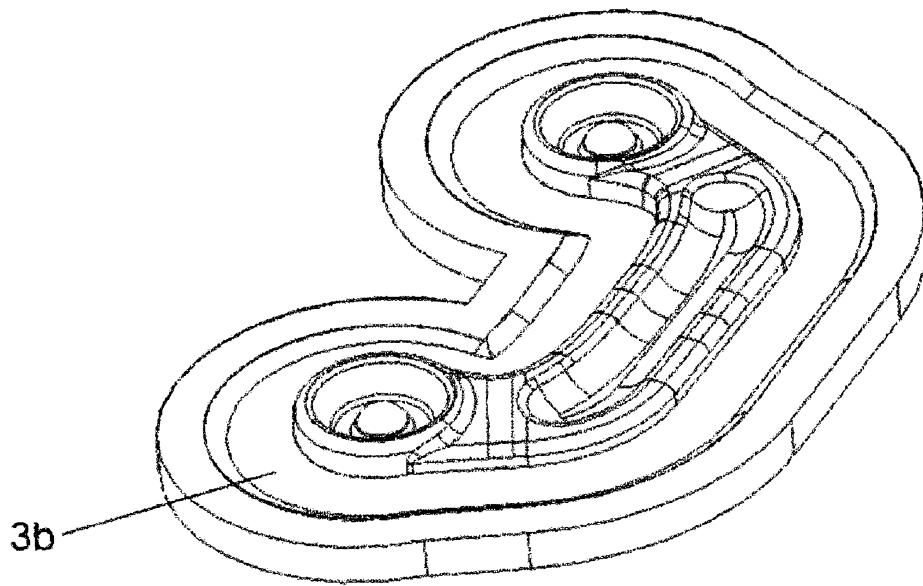


Fig. 8

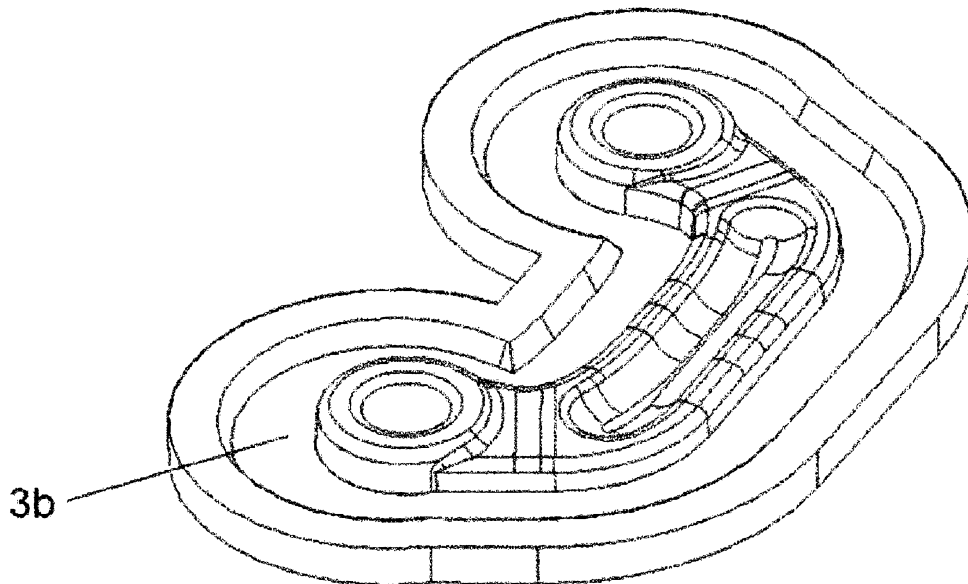
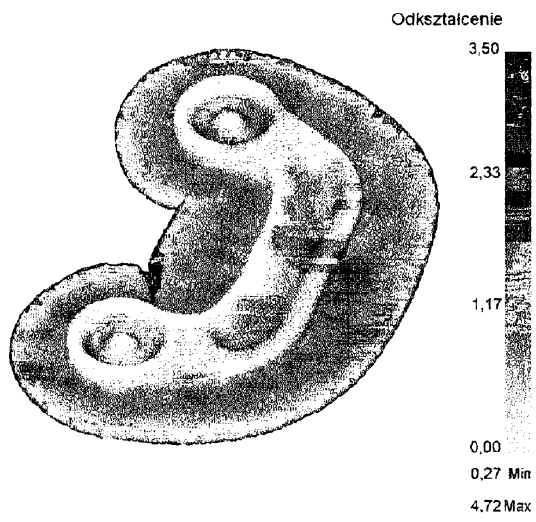
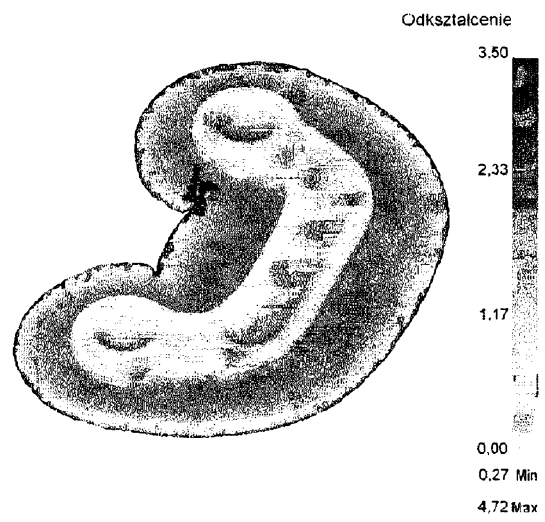


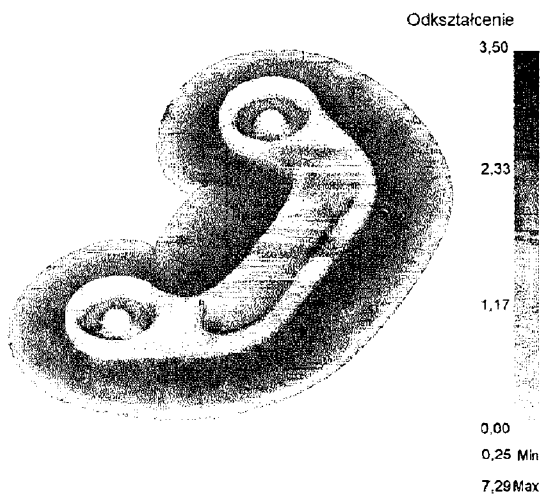
Fig. 9



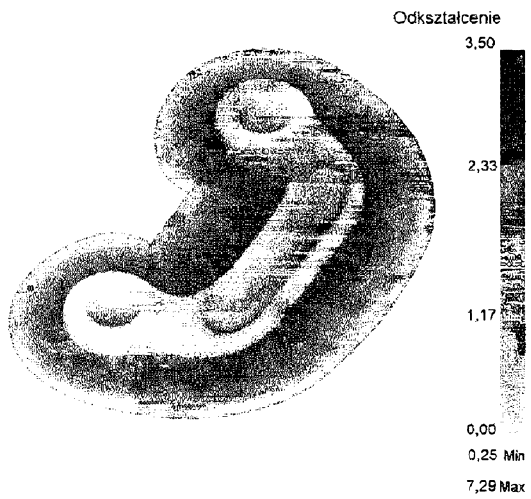
Rys. 1a



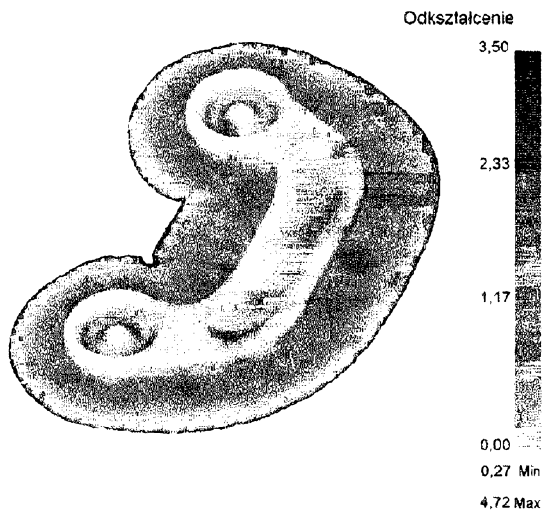
Rys. 1b



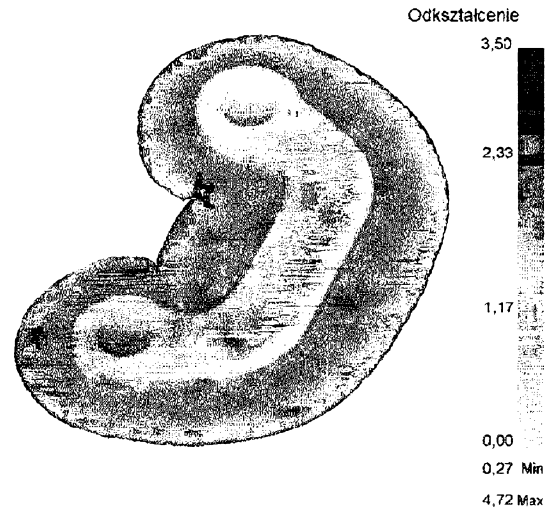
Rys. 2a



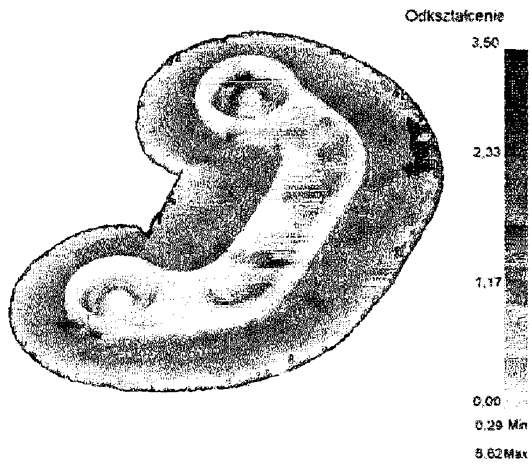
Rys. 2b



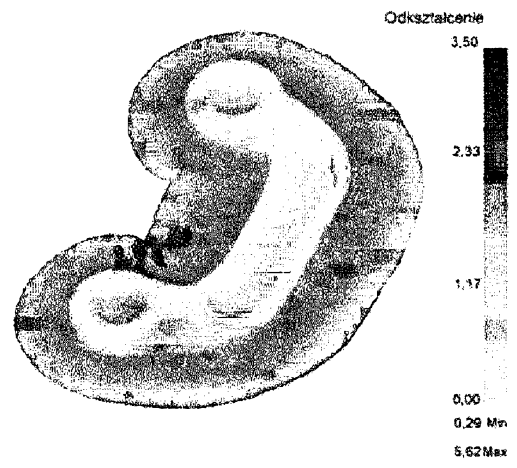
Rys. 3a



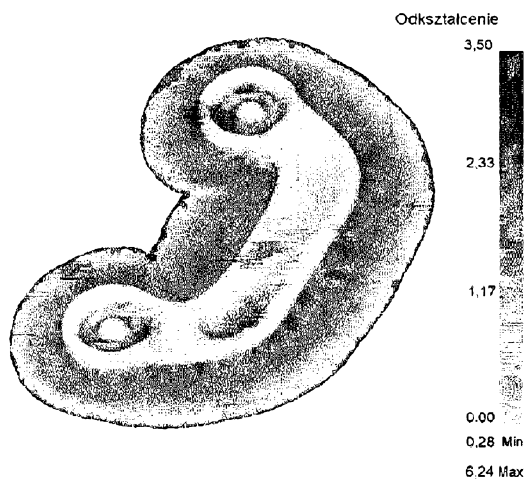
Rys. 3b



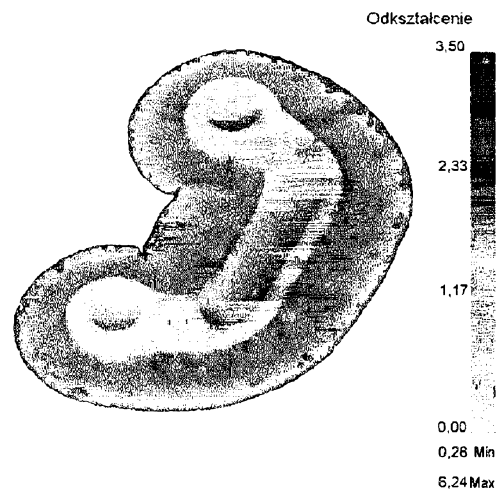
Rys. 4a



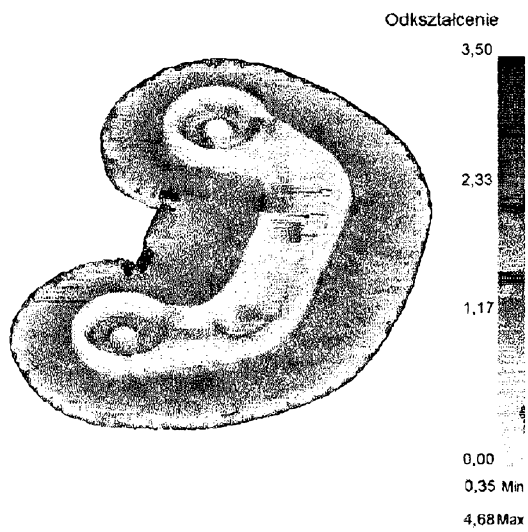
Rys. 4b



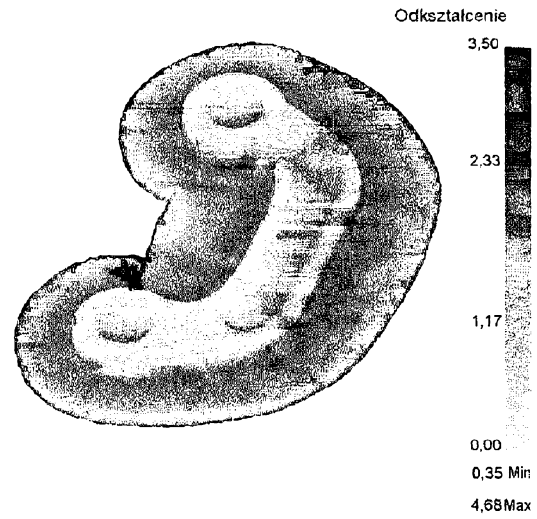
Rys. 5a



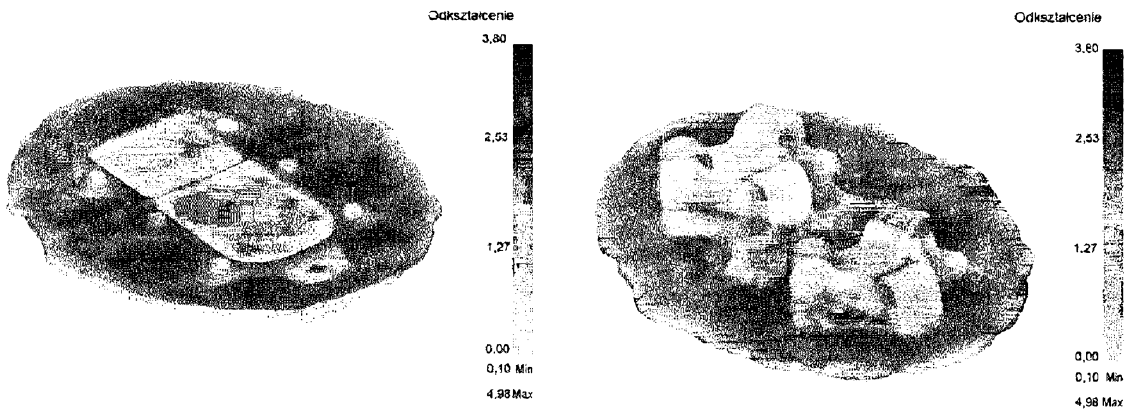
Rys. 5b



Rys. 6a



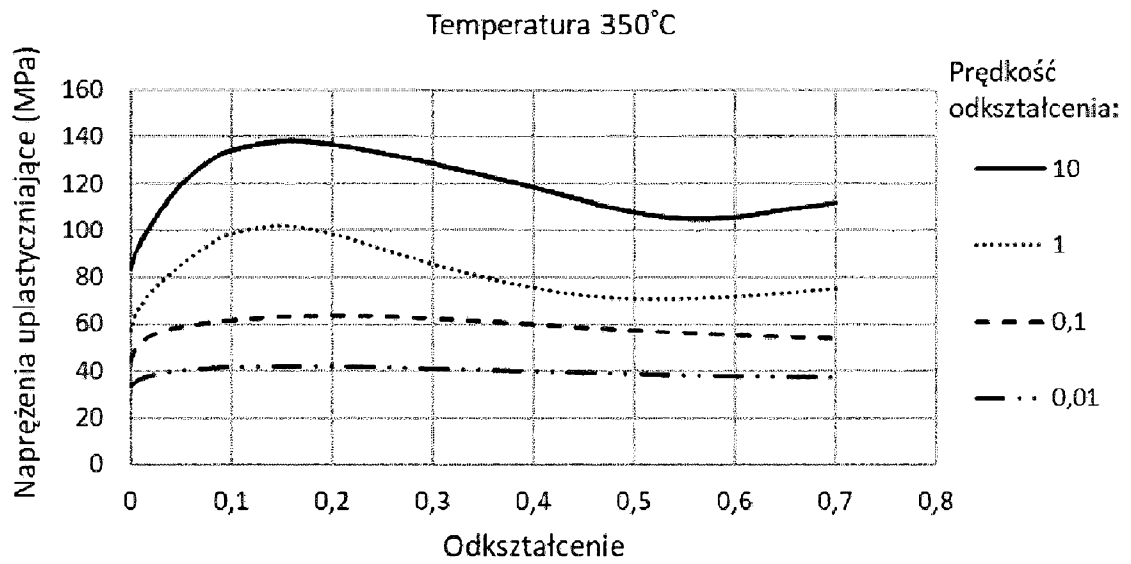
Rys. 6b



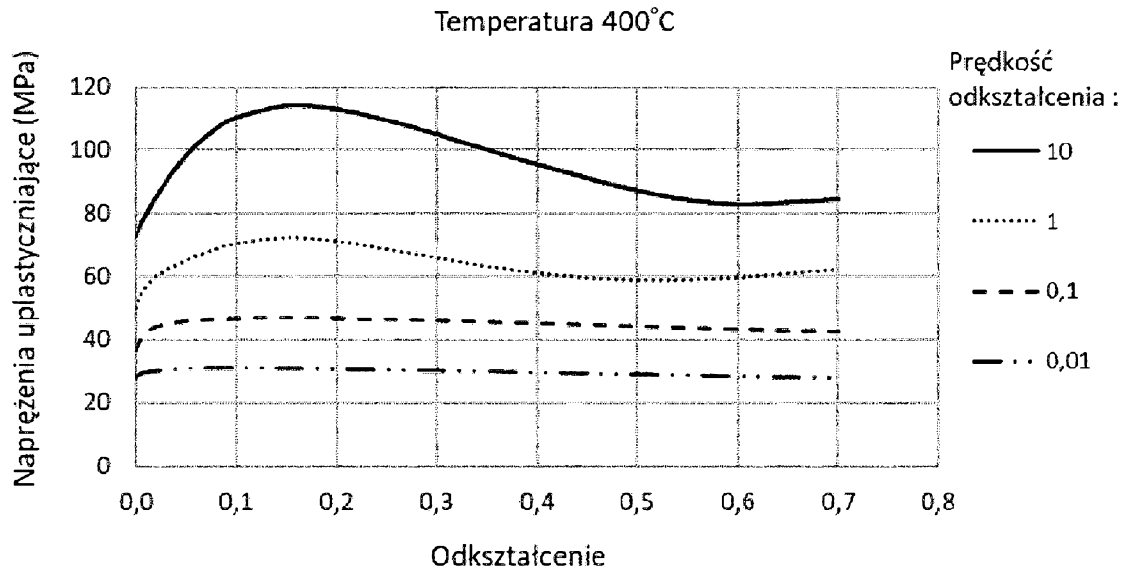
Rys. 7a

Rys. 7b

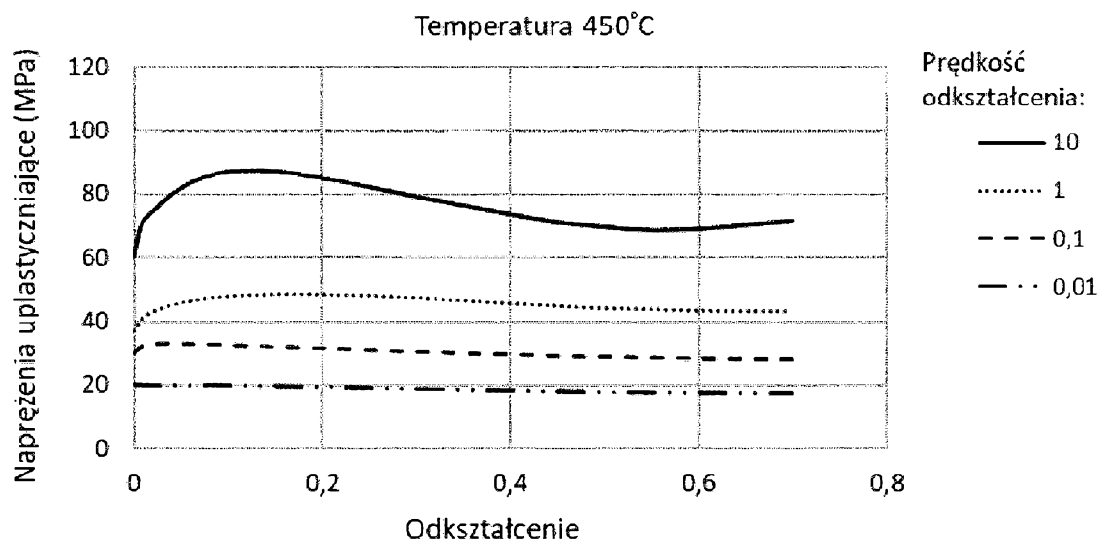
Wykres 1



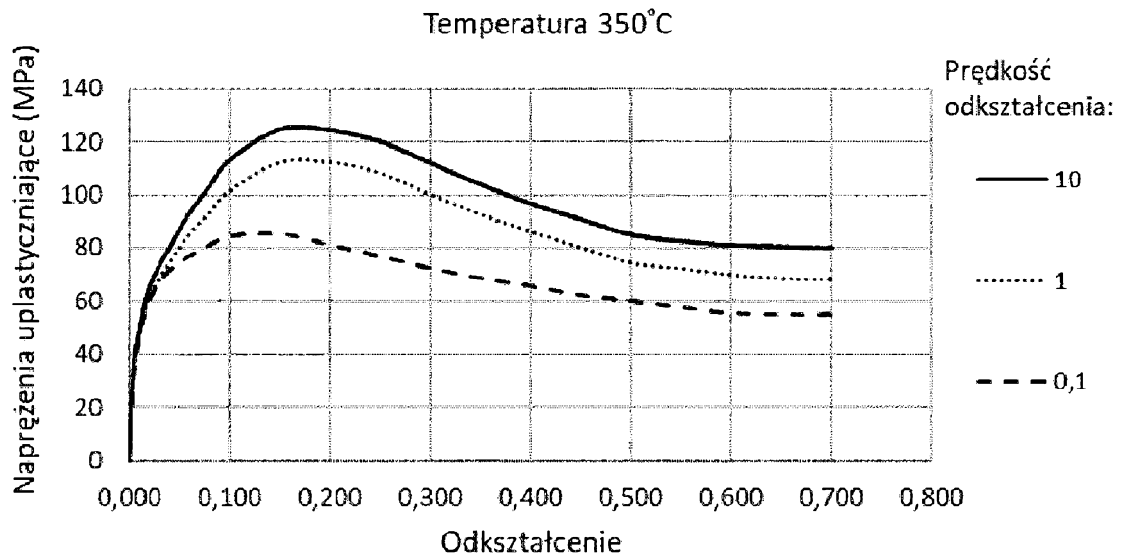
Wykres 2



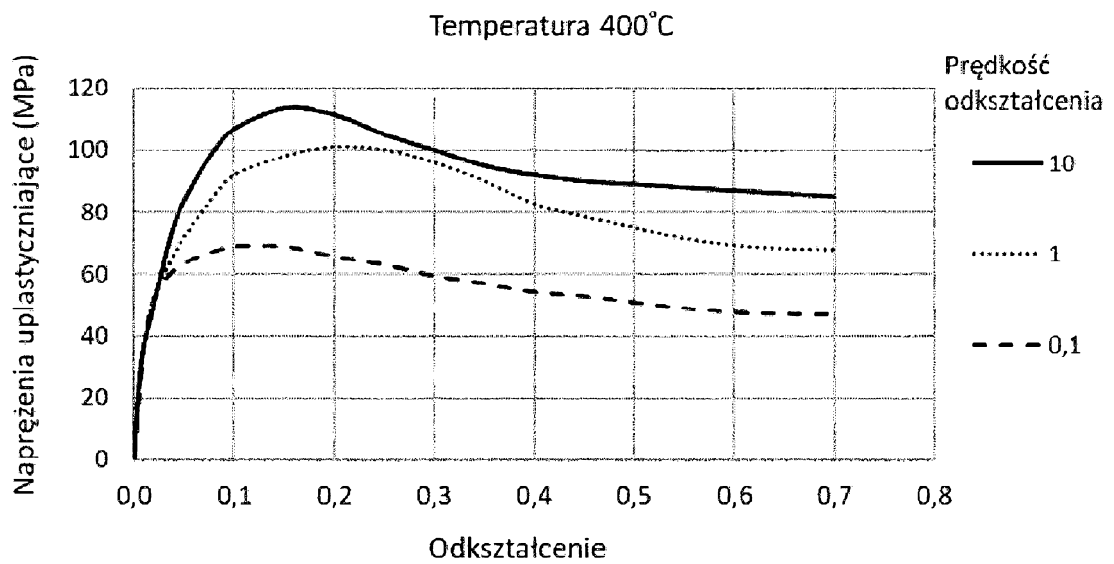
Wykres 3



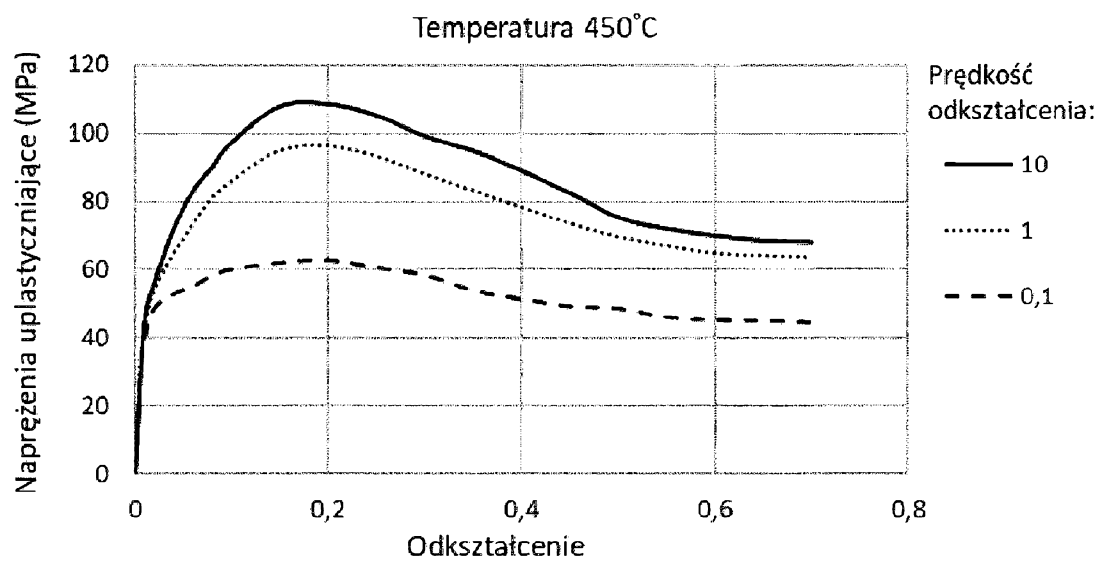
Wykres 4



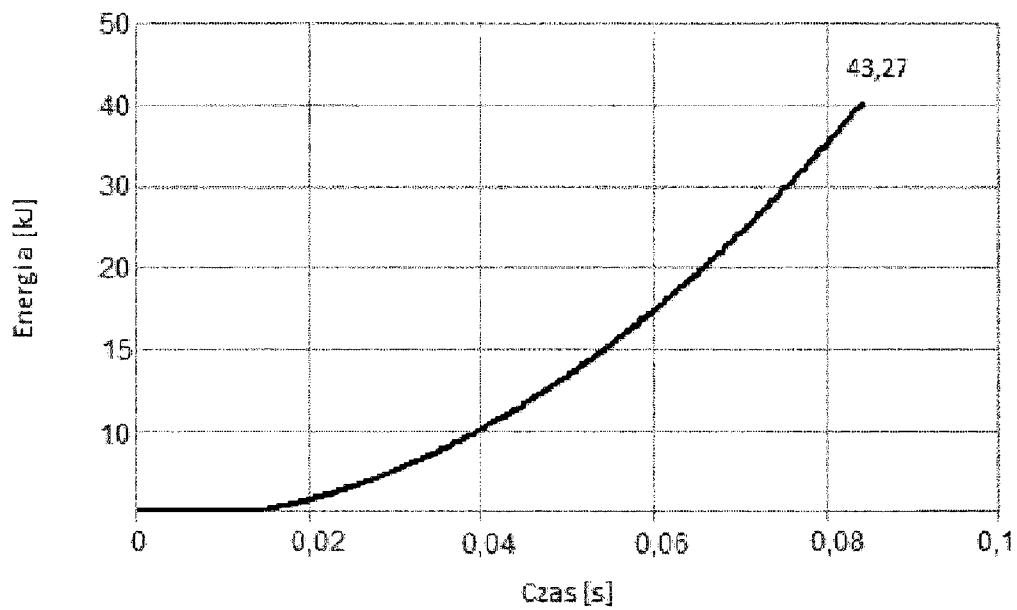
Wykres 5



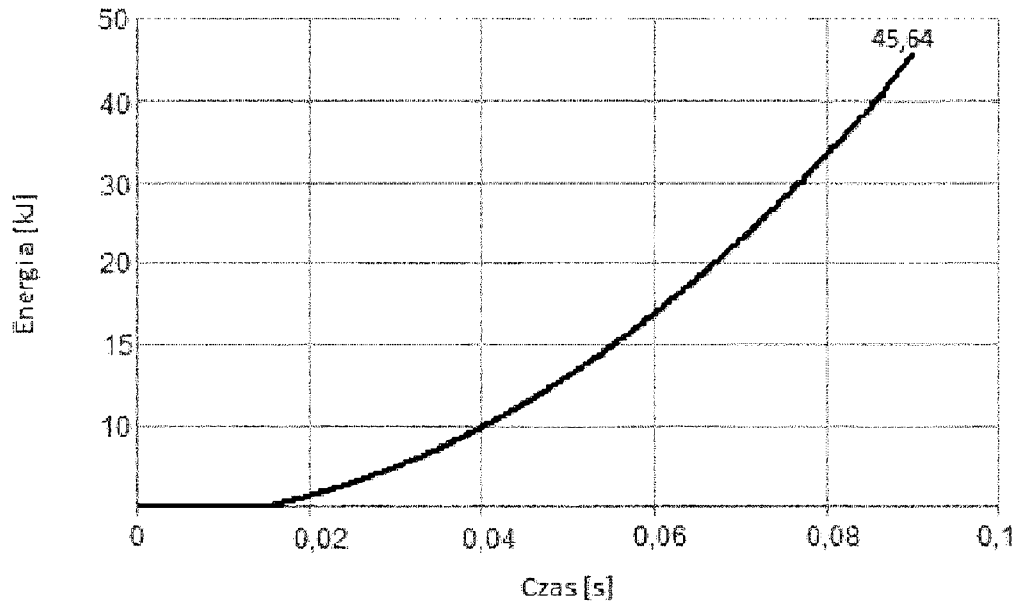
Wykres 6



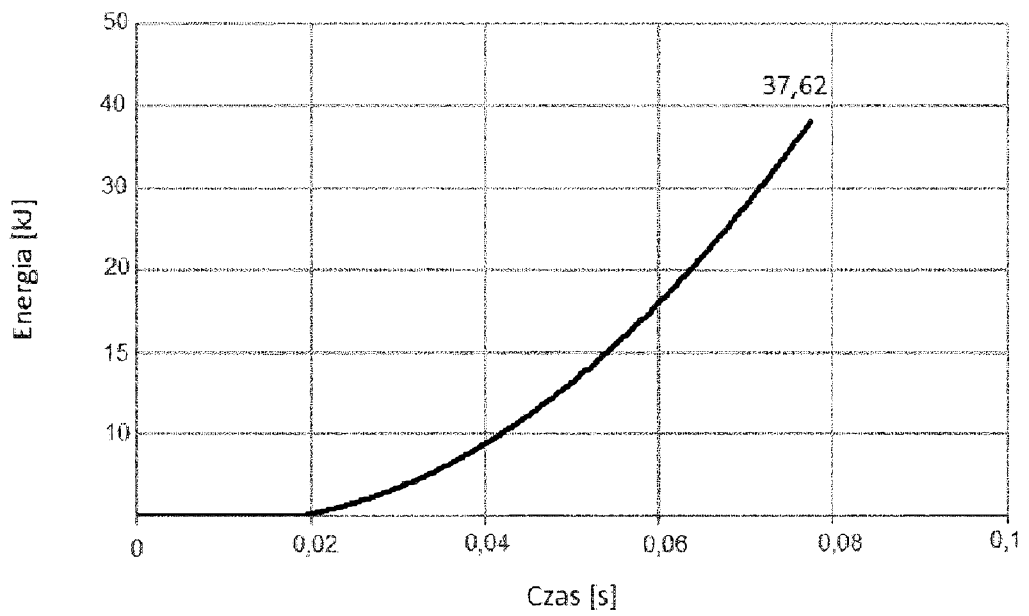
Wykres 7



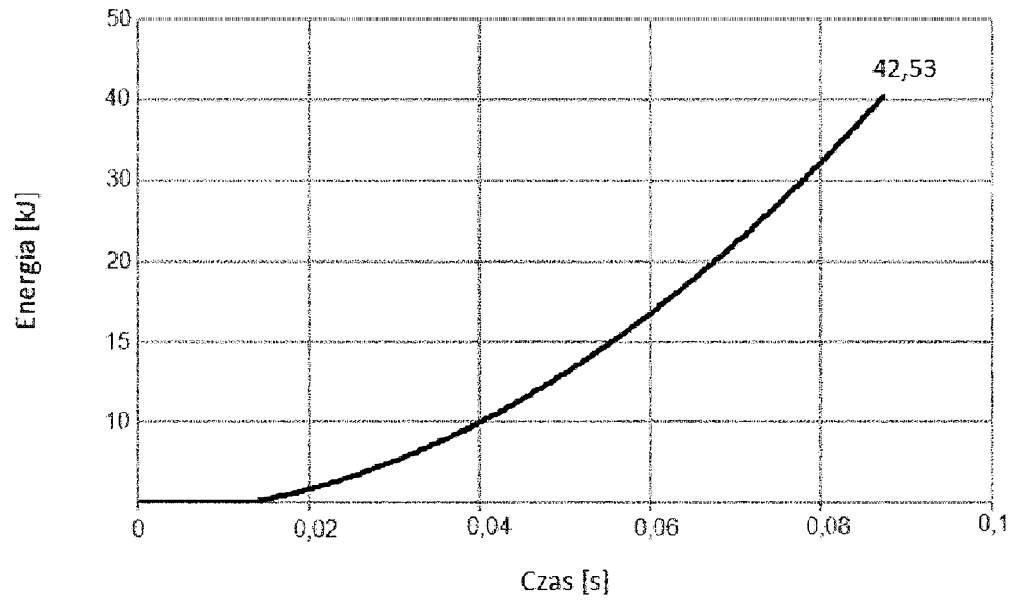
Wykres 8



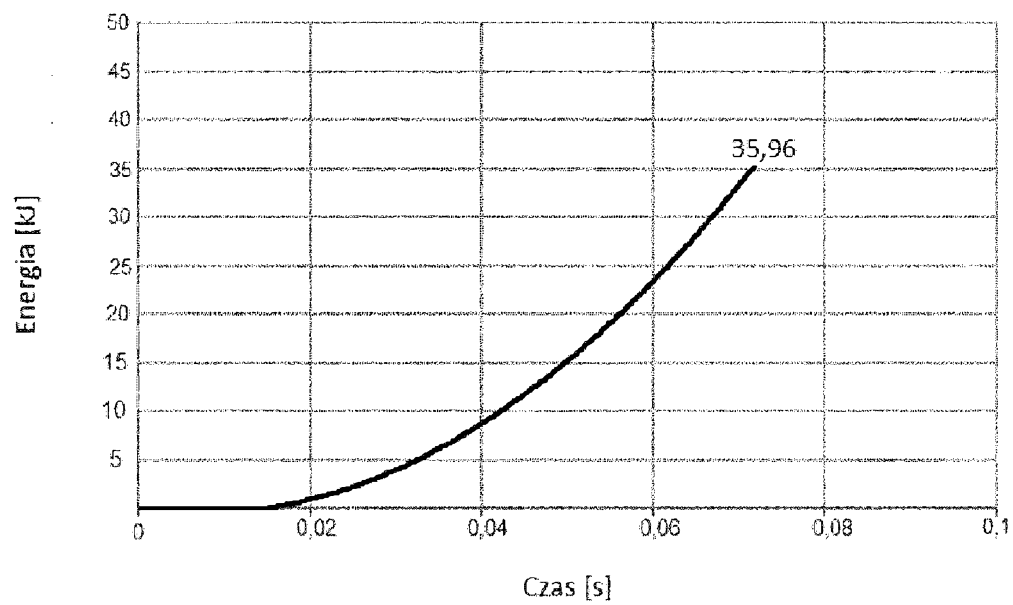
Wykres 9



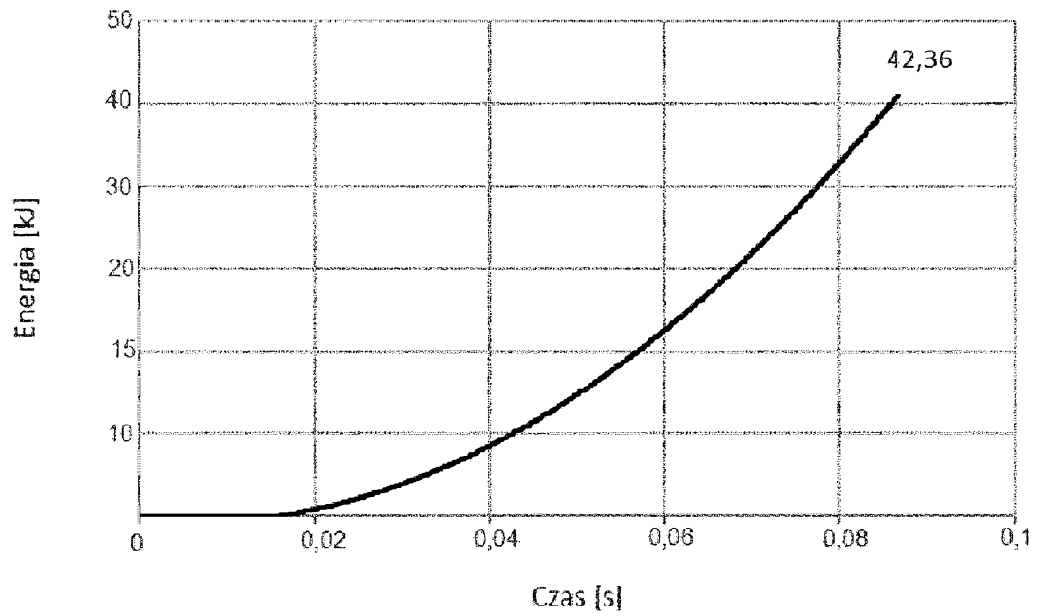
Wykres 10



Wykres 11



Wykres 12



Wykres 13

