

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 247368 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **441962**

(22) Data zgłoszenia: **2022.08.08**

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

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.16 WUP 24/2025**

(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 kucia na młocie odkuwki ze stopów magnezu, w szczególności łącznika stabilizatora

PL 247368 B1

Opis wynalazku

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

Dotychczas znane i stosowane są metody wytwarzania łączników z odlewniczych stopów magnezu z grupy magnez-cynk-cyrkon takie jak odlewanie i obróbka skrawaniem.

Wykonując łączniki ze stopów magnezu technologią odlewania otrzymuje się wyroby, które posiadają znacznie niższe własności mechaniczne i użytkowe niż elementy uzyskane metodami obróbki plastycznej przedstawione w literaturze F. Stachowicza „Przeróbka plastyczna”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2000 r. Łączniki odlewane posiadają wady odlewnicze takie jak: niejednorodność struktury, gruboziarnistość, pęcherze, porowatości, jamy skurczowe, rzadzizny, które wpływają na ich niższe właściwości.

Przy wytwarzaniu łączników z odlewniczych stopów magnezu stosowana jest technologia obróbki skrawaniem, którą opisano w literaturze W. Olszaka „Obróbka skrawaniem”, WNT, Warszawa 2008 r. Obróbka skrawaniem łączników polega na nadaniu powierzchniomżądanego 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.

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 podanych przeróbce cieplno-plastycznej według sposobu z opisu patentowego.

Łączniki stabilizatora do samochodów osobowych są wykonywane z odlewniczych stopów aluminium metodami odlewania i obróbki skrawaniem. Wykonując łączniki ze stopów aluminium technologią odlewania, ujawnione na stronie internetowej na dzień 29.07.2022 pod linkiem: <https://www.iparts.pl/czesc/lacznik-stabilizatora-frap-f4117,0-486-f4117-2715965.html>, otrzymuje się wyroby, które posiadają znacznie niższe własności mechaniczne i użytkowe niż elementy uzyskane metodami obróbki plastycznej opisane w literaturze F. Stachowicza „Przeróbka plastyczna”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2000 r. Łączniki odlewane posiadają wady odlewnicze takie jak: porowatości, jamy skurczowe, rzadzizny, niejednorodność struktury, gruboziarnistość, pęcherze, które wpływają na ich niższe właściwości. Przy wytwarzaniu łączników z odlewniczych stopów aluminium stosowana jest technologia obróbki skrawaniem, którą opisano w literaturze W. Olszaka „Obróbka skrawaniem”, WNT, Warszawa 2008 r. Obróbka skrawaniem łączników polega na nadaniużądanego kształtu 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.

Celem wynalazku jest kucie na młocie odkuwki łącznika stabilizatora z materiału wsadowego w postaci odlewu kształtowego z odlewniczych stopów magnezu z grupy magnez-cynk-cyrkon w jednej operacji kucia w wykroju końcowym, ograniczając przez to straty materiałowe i niską jakość wyrobów wytwarzanych poprzez odlewanie i obróbkę skrawaniem.

Istotą sposobu kucia 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 w zakresie od 260°C do 300°C i montuje się na młocie, po czym materiał wsadowy z odlewniczych stopów magnezu z grupy magnez-cynk-cyrkon, nagrzewa się w piecu w temperaturze od 350°C do 400°C, w czasie od 30 minut do 35 minut, po czym materiał wsadowy umieszcza się w wykroju matrycy dolnej, 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 37,93 do 48,62 kJ, kształtując odkuwkę z maksymalnym odkształceniem w zakresie od 4,5 do 7,1.

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

Korzystnie, materiał wsadowy nagrzewa się w piecu w czasie 35 minut.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że zastosowanie do procesu kucia 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. Wynikiem sposobu kucia na młocie według wynalazku jest otrzymanie wyrobów, które charakteryzują się wyższą jakością 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 kucia na młocie odkuwki ze stopów magnezu według wynalazku został opisany w przykładowej 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. 1 a 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. 1 b 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. 2 a 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. 2 b 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. 3 a 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. 3 b 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. 4 a 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. 4 b 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. 5 a przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanym półfabrykacie w widoku z góry wykonany w oparciu o dokument patentowy PL 237778 B1 i uzyskany z analizy MES;
- Rys. 5 b przedstawia rozkład odkształceń w ukształtowanym półfabrykacie w widoku z dołu wykonany w oparciu o dokument patentowy PL 237778 B1 i uzyskany z analizy MES;
- Wykres 1 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu ZK61 dla temperatury 350°C;
- Wykres 2 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu ZK61 dla temperatury 400°C;
- Wykres 3 – przedstawia krzywe płynięcia odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu ZK61 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 300°C i materiału wsadowego 350°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 400°C według wynalazku otrzymanej z analizy MES;
- Wykres 11 – 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 kucia na młocie odkuwki ze stopów magnezu dla stopu magnez-cynk-cyrkon z gatunku ZK61 według normy ASTM B80-01 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 do temperatury w 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 ZK61 według normy ASTM B80-01, w postaci bryły, której zarys zbliżony jest do litery „U” z kołowymi zagłębieniami na jej końcach, o objętości $124011,766\text{ mm}^3$ i masie 0,223 kg nagrzewano w piecu w temperaturze 400°C przez 30 minut. Następnie nagrzany materiał wsadowy 3a umieszczono w wykroju 2a nieruchomej matrycy dolnej 2. Po czym wprawiono stempel górny 1 w ruch postępowy z prędkością V_1 wynoszącą od 8 do 10 m/s w kierunku nieruchomej matrycy dolnej 2 i ściskano materiał wsadowy 3a wykrojem 1a stempla górnego 1 i wykrojem 2a matrycy dolnej 2 z maksymalną energią uderzenia 37,93 kJ i kształtowano odkuwkę łącznika 3b z maksymalnym odkształceniem 7.

Przykład 2

Sposób kucia na młocie odkuwki ze stopów magnezu dla stopu magnez-cynk-cyrkon z gatunku ZK61 według normy ASTM B80-01 łącznika stabilizatora realizowany wg przykładu 1, przy czym materiał wsadowy 3a nagrzewano w piecu w temperaturze 350°C przez 35 minut. Odkuwkę kształtowano ściskając materiał wsadowy 3a wykrojem 1a stempla górnego 1 i wykrojem 2a matrycy dolnej 2 z maksymalną energią uderzenia 48,62 kJ i kształtowano odkuwkę łącznika 3b z maksymalnym odkształceniem 5,9.

Przykład 3

Sposób kucia na młocie odkuwki ze stopów magnezu dla stopu magnez-cynk-cyrkon z gatunku ZK61 według normy ASTM B80-01 łącznika stabilizatora realizowany wg przykładu 1, przy czym stempel górny 1 i matrycę dolną 2 nagrzewano w piecu do temperatury 300°C , materiał wsadowy 3a nagrzewano w piecu w temperaturze 350°C przez 35 minut. Odkuwkę kształtowano ściskając materiał wsadowy 3a wykrojem 1a stempla górnego 1 i wykrojem 2a matrycy dolnej 2 z maksymalną energią uderzenia 47,21 kJ i kształtowano odkuwkę łącznika 3b z maksymalnym odkształceniem 4,5.

Przykład 4

Sposób kucia na młocie odkuwki ze stopów magnezu dla stopu magnez-cynk-cyrkon z gatunku ZK61 według normy ASTM B80-01 łącznika stabilizatora realizowany wg przykładu 1, przy czym stempel górny 1 i matrycę dolną 2 nagrzewano w piecu do temperatury 300°C , przy czym materiał wsadowy 3a nagrzewano w piecu w temperaturze 400°C przez 30 minut. Odkuwkę kształtowano ściskając materiał wsadowy 3a wykrojem 1a stempla górnego 1 i wykrojem 2a matrycy dolnej 2 z maksymalną energią uderzenia 39,10 kJ i kształtowano odkuwkę łącznika 3b z maksymalnym odkształceniem 7,1.

Otrzymano odkuwkę łącznika stabilizatora 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 kucia na młocie odkuwki łącznika stabilizatora według przykładów wynalazku – M1.1–M1.4 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.

T a b e l a 1

Parametry i wyniki sposobu kucia według opisu patentowego PL237778B1

Nazwa parametru	Jednostki	Sposób według wynalazku				Sposób według dokumentu patentowego PL 237778 B1 – M2
		M1.1	M1.2	M1.3	M1.4	
Parametry procesu						
Temperatura nagrzania narzędzi w piecu	[°C]	260	260	300	300	250
Temperatura materiału wsadowego	[°C]	350	400	350	400	400
Czas nagrzewu materiału wsadowego	[min]	35	30	35	30	45
Materiał	[-]	Model stopu magnezu w gatunku ZK61 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	45				44,8
Liczba Poissona	[-]	0,35				0,35
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	µm/m°C	27				26
Przewodność cieplna	W/mK	120				70
Liczba elementów skończonych wsadu	[-]	150 000				150 000
Objętość materiału wsadowego	mm²	124011,766				270701,054
Masa materiału wsadowego	kg	0,223				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	36
Masa bijaka młota	[kg]	3000	3000	3000	3000	1000
Czynnik tarcia	[-]	0,25				0,25
Współczynnik wymiany ciepła wsad - narzędzia	kW/m2K	4,5				4,5

Współczynnik wymiany ciepła wsad - otoczenie	kW/m2K	0,03				0,03
Wyniki MES						
Maksymalna energia uderzenia górnego narzędzia z MES	[kJ]	48,62	37,93	47,21	39,10	19,88
Maksymalne odkształcenie w ukształtowanym wyrobie	[-]	5,9	7	4,5	7,1	4,98
Pole powierzchni styku ukształtowanej odkuwki z narzędziem górnym	[mm²]	14011,7	13983,1	13957,3	13967,1	18793,9
Pole powierzchni styku ukształtowanej odkuwki z narzędziem dolnym	[mm²]	13355	13363,8	13355,1	13337,1	25647,5

Do modelowania MES wykorzystano utworzone modele materiałów opracowane na podstawie badań plastometrycznych metodą spęczania walców. Badania te przeprowadzono dla odlewanego w formach piaskowych stopu magnezu ZK61 według normy ASTM B80-01 oraz stopu magnezu w gatunku AZ61 według normy ASTM B951-10 o składzie chemicznym przedstawionym w tabeli 2.

Tabela 2

Skład chemiczny stopu magnezu ZK61 stosowanego w sposobie według wynalazku według normy ASTM B80-01 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
stop magnezu ZK61			5,5-6,5	-	-	-	0,6-1,0	0,10	0,01	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⁻¹; 0,1 s⁻¹; 1 s⁻¹; 10 s⁻¹. Na podstawie uzyskanych wyników z pomiarów wyznaczono krzywe płynięcia dla stopu ZK61 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 matrycą górną, pole powierzchni styku ukształtowanej odkuwki z matrycą dolną dla obu analizowanych sposobów.

Otrzymaną z analizy numerycznej maksymalną energię uderzenia i maksymalne odkształcenie w ukształtowanej odkuwce według wynalazku – M1 przedstawiono na wykresach 7–10 oraz Rys. 1–4. Maksymalną energię uderzenia i maksymalne odkształcenie w ukształtowanym półfabrykacie uzyskane z analizy numerycznej wykonanego w oparciu o dokument patentowy PL 237778 B1 – M2 przedstawiono na wykresie 11 i Rys. 5.

Wykaz oznaczeń

- 1 – stempel górny
- 1a – wykrój stempla górnego
- 2 – matryca dolna
- 2a – wykrój matrycy dolnej
- 3a – wsad
- 3b – odkuwka łącznika stabilizatora
- V₁ – prędkość stempla górnego

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób kucia 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 wykojem stempla górnego i wykojem 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) w postaci odlewu kształtowego z odlewniczych stopów magnezu z grupy magnez-cynk-cyrkon nagrzewa się w piecu w temperaturze od 350°C do 400°C, w czasie od 30 minut do 35 minut, po czym materiał wsadowy (3a) umieszcza się w wykroju (2a) matrycy dolnej (2), ściska się na młocie materiał wsadowy (3a) stemplem górnym (1) wprawionym w ruch postępowy z prędkością (V_i) wynoszącą od 8 do 10 m/s z maksymalną energią uderzenia w zakresie od 37,93 do 48,62 kJ i kształtuje się odkuwkę (3b) z maksymalnym odkształceniem w zakresie od 4,5 do 7,1.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że materiał wsadowy (3a) nagrzewa się w piecu w temperaturze 400°C.
3. Sposób według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że materiał wsadowy (3a) nagrzewa się w piecu w czasie 35 minut.

Rysunki

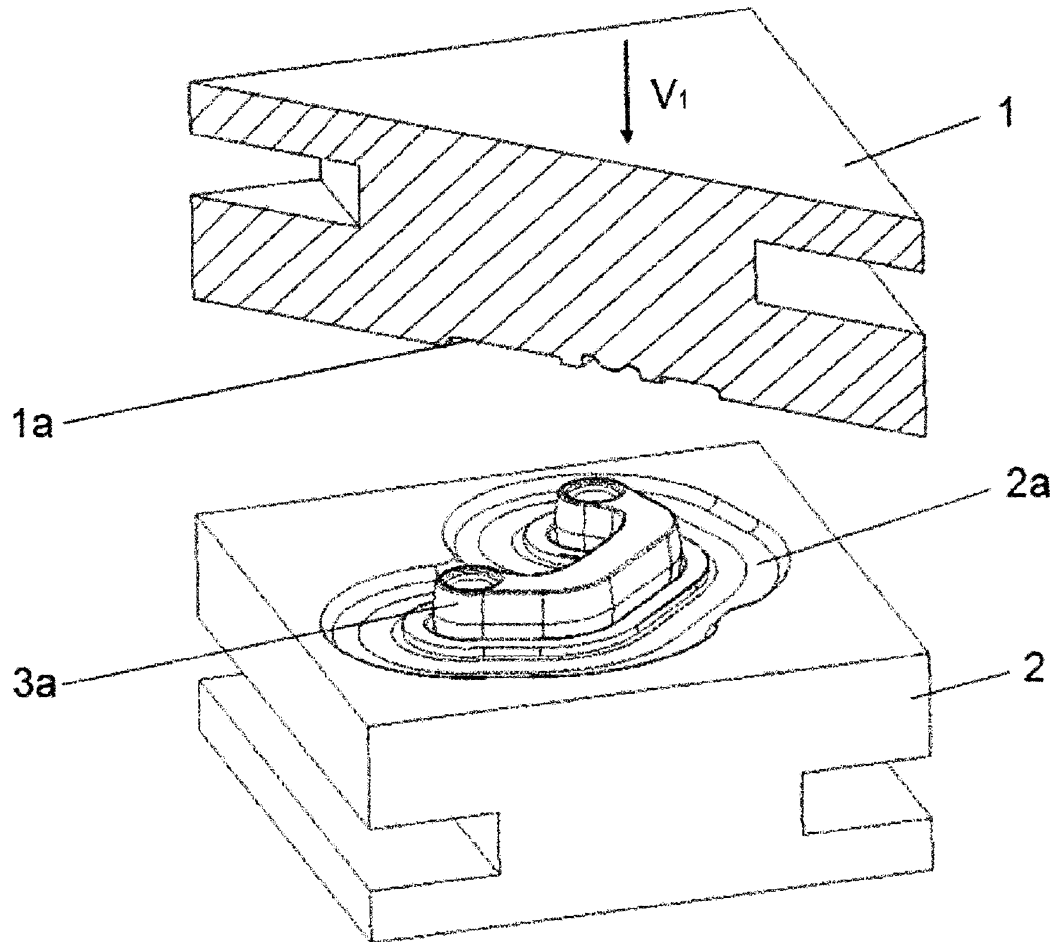


Fig. 1

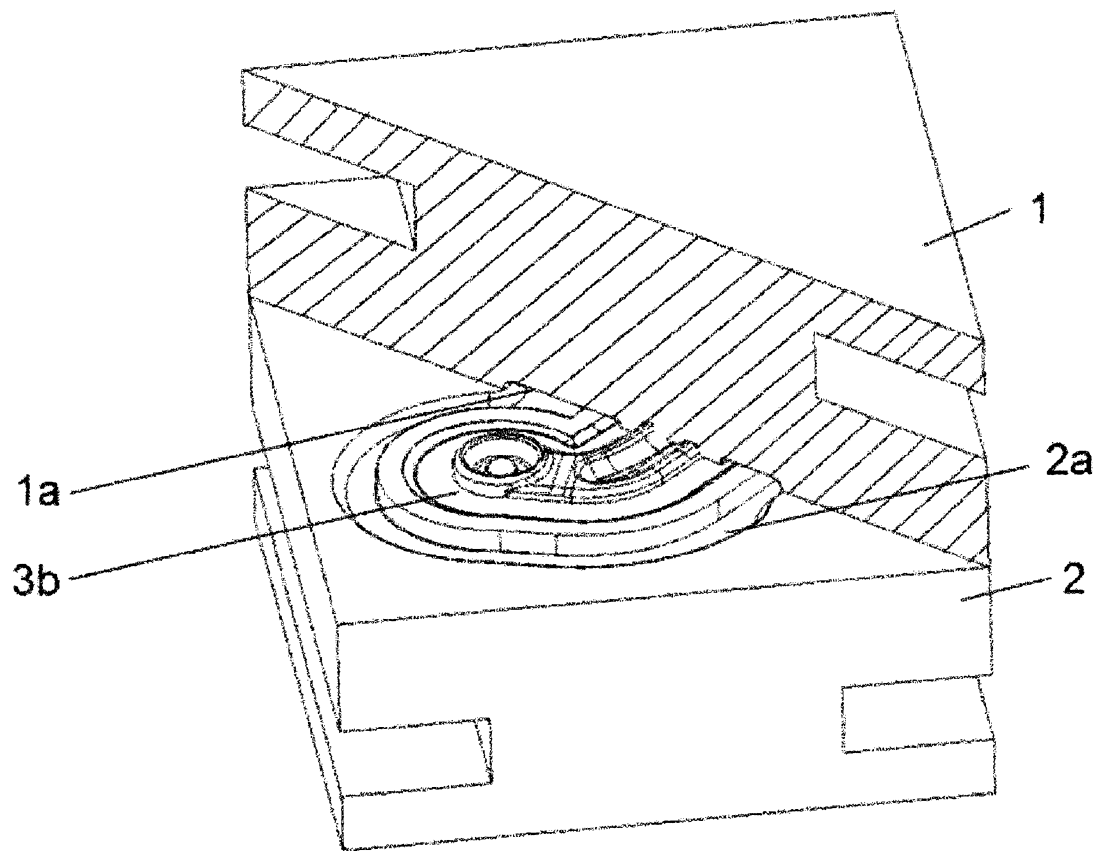


Fig. 2

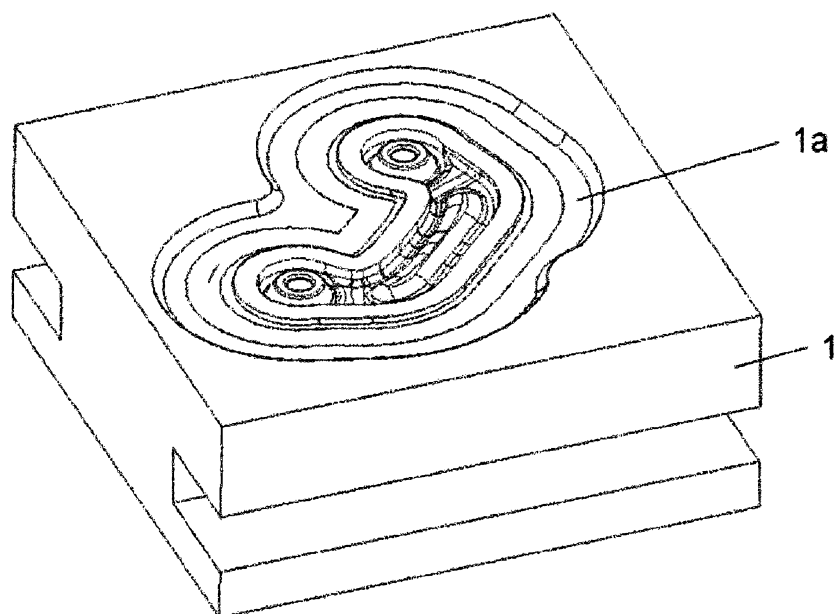


Fig. 3

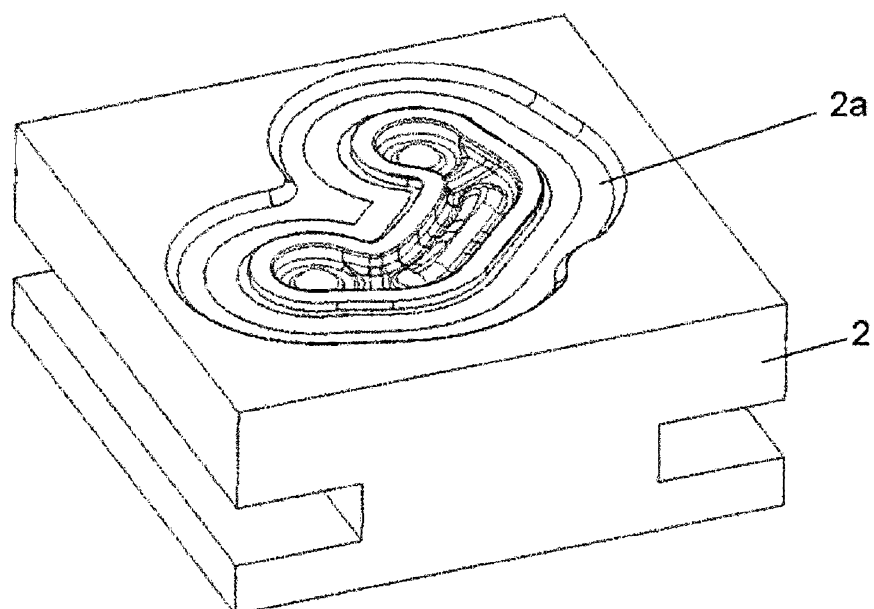


Fig. 4

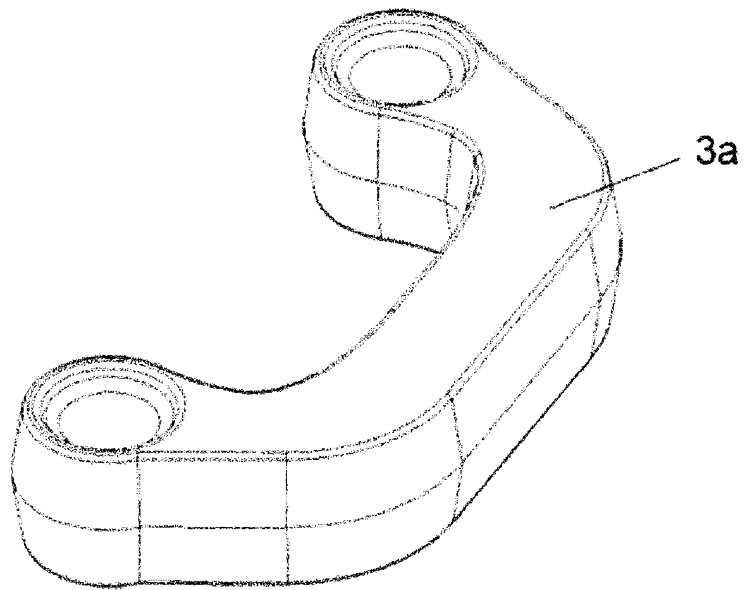


Fig. 5

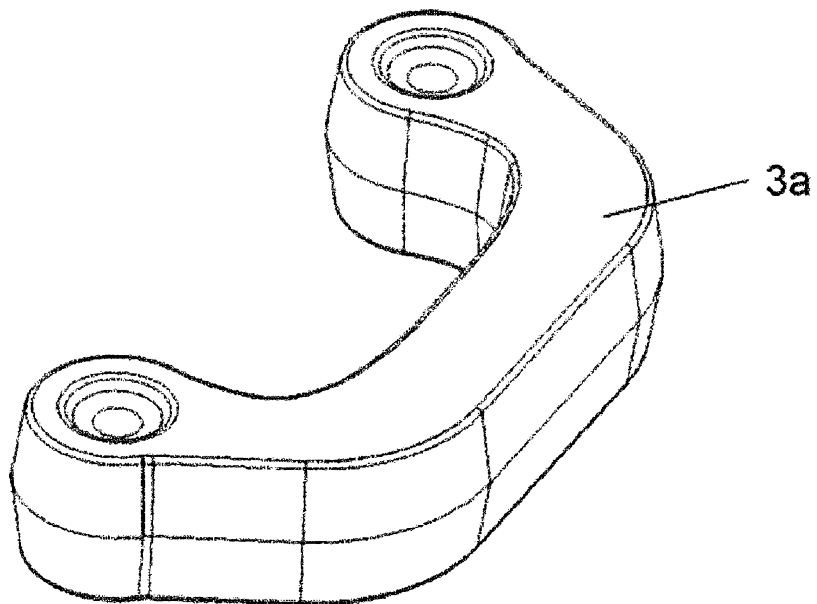


Fig. 6

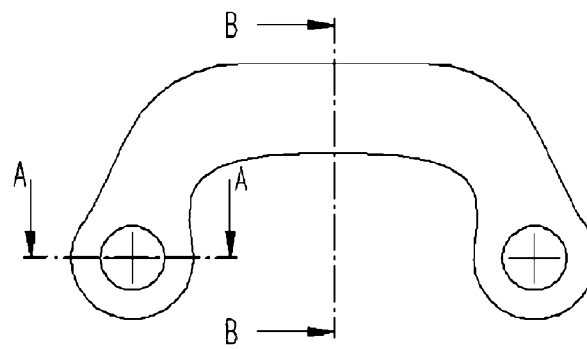
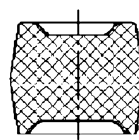
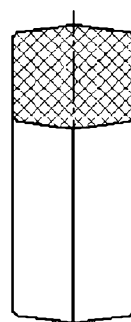


Fig. 7



A-A

Fig. 7a



B-B

Fig. 7b

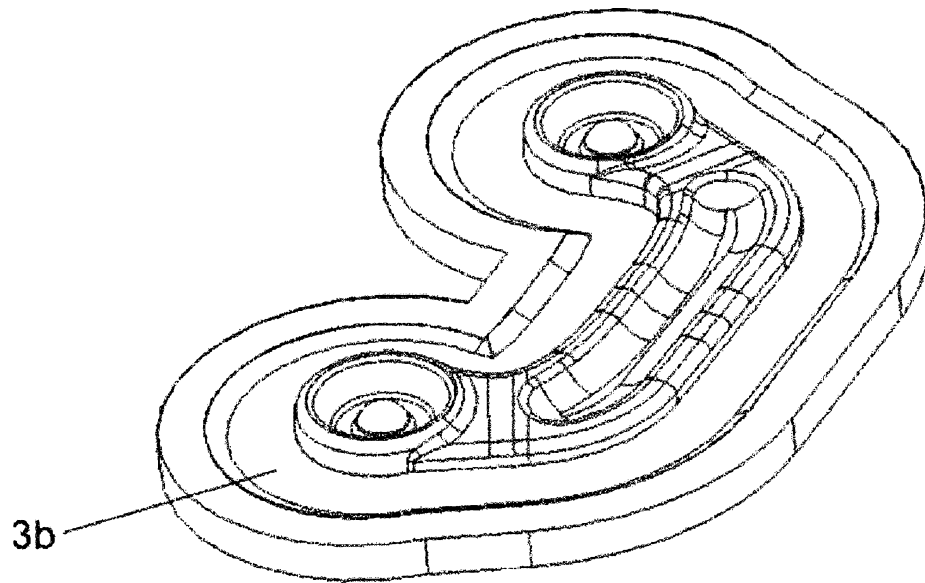


Fig. 8

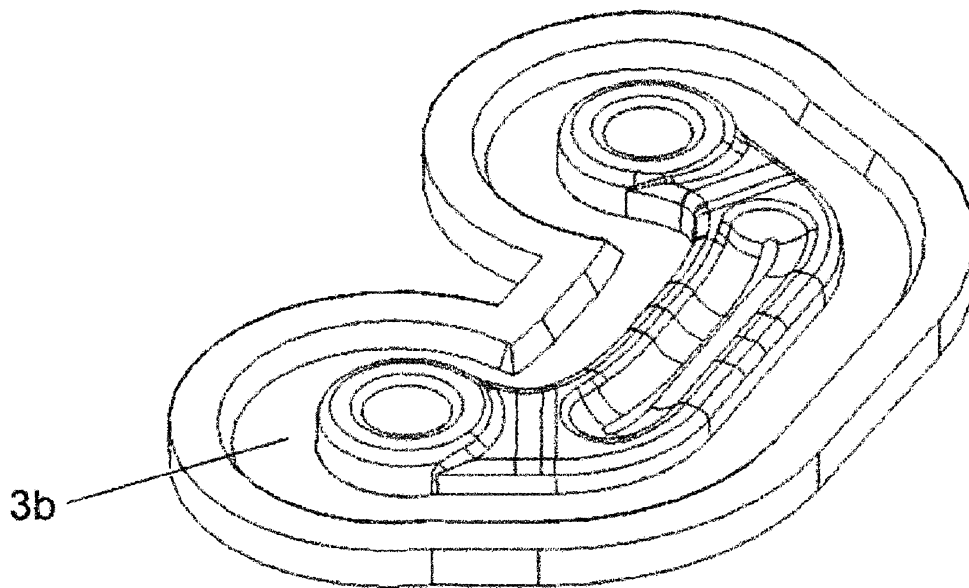
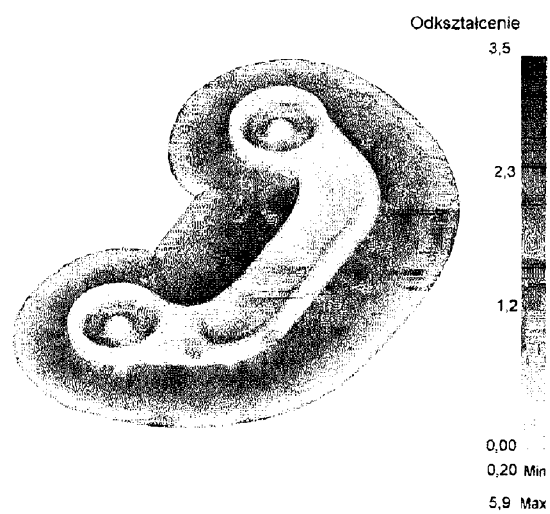
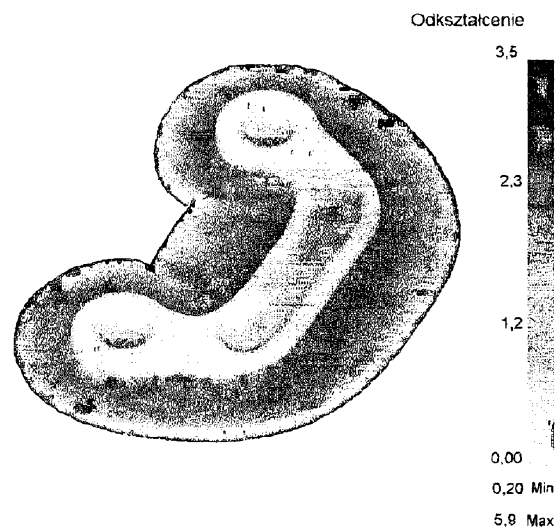


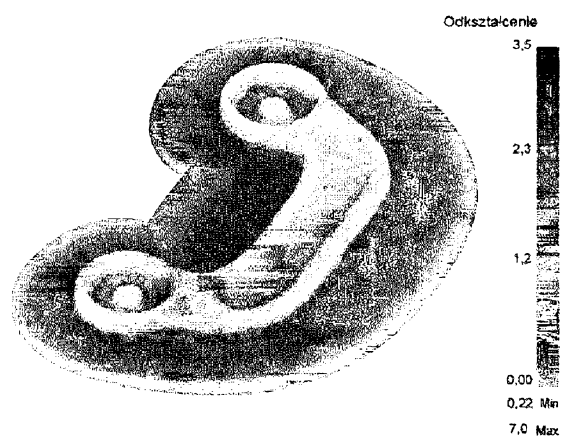
Fig. 9



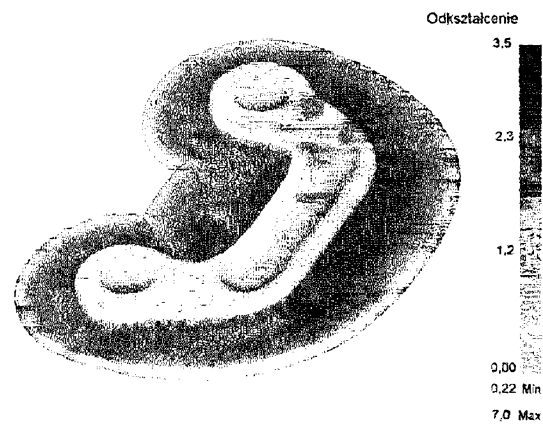
Rys. 1a



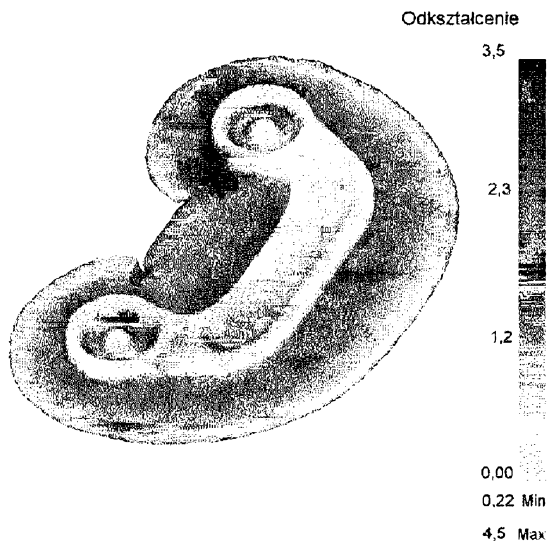
Rys. 1b



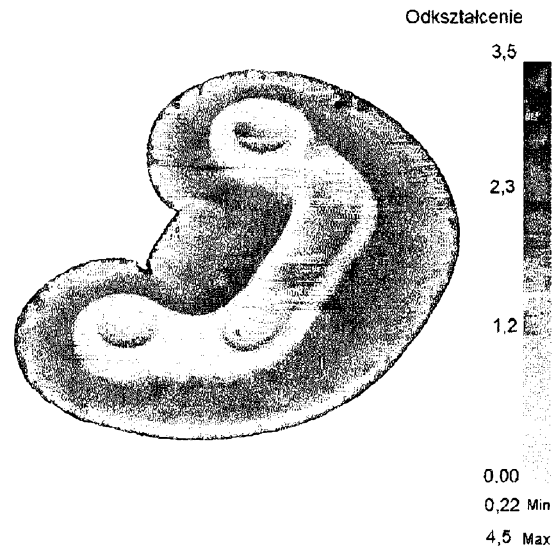
Rys. 2a



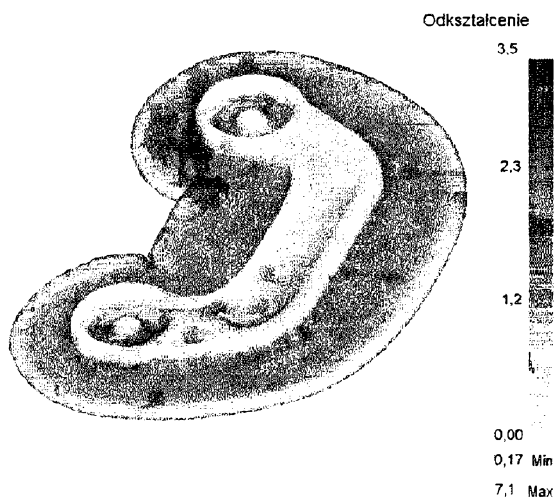
Rys. 2b



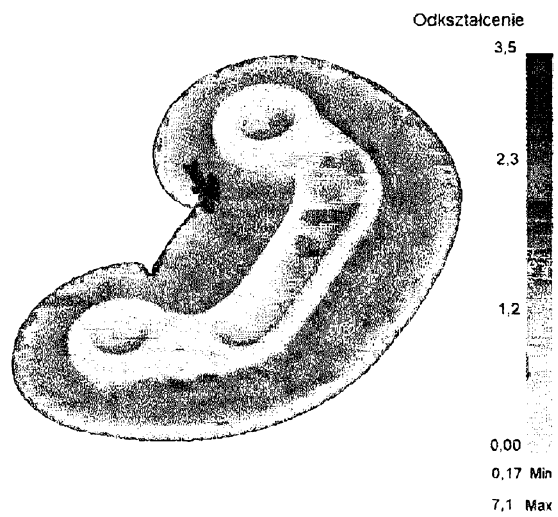
Rys. 3a



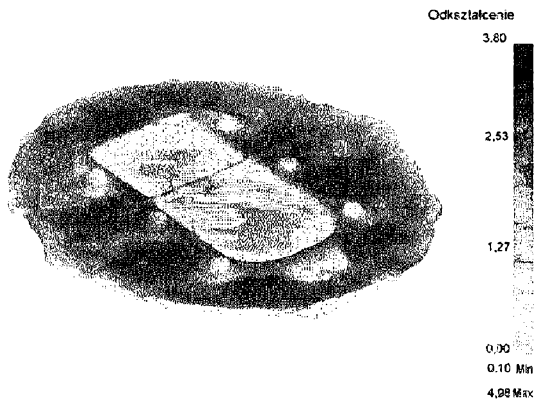
Rys. 3b



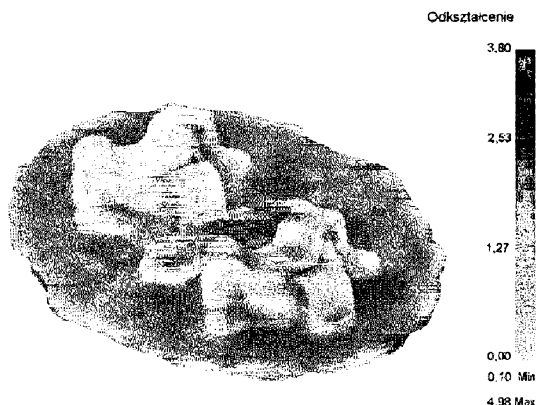
Rys. 4a



Rys. 4b

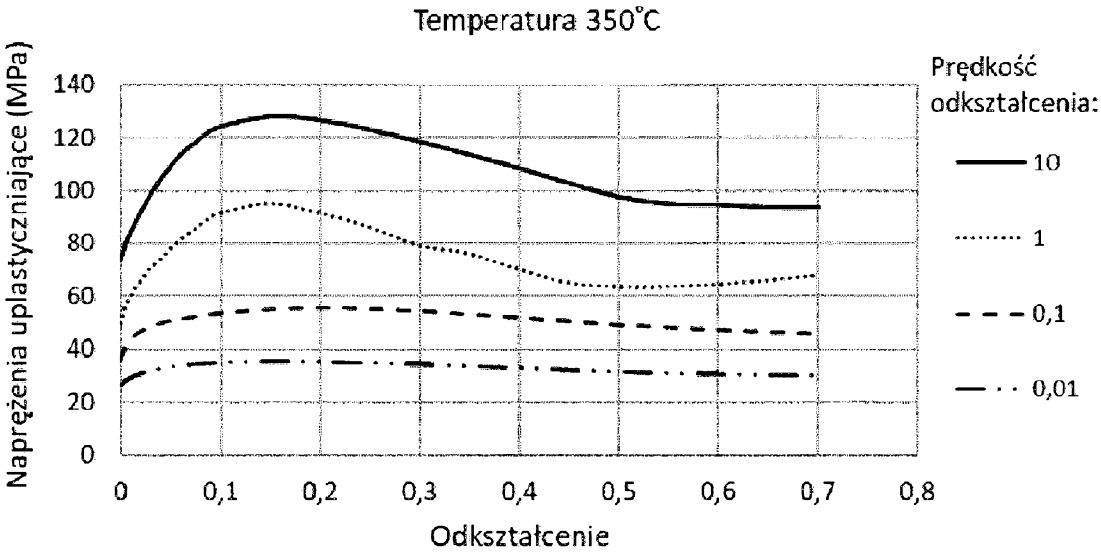


Rys. 5a

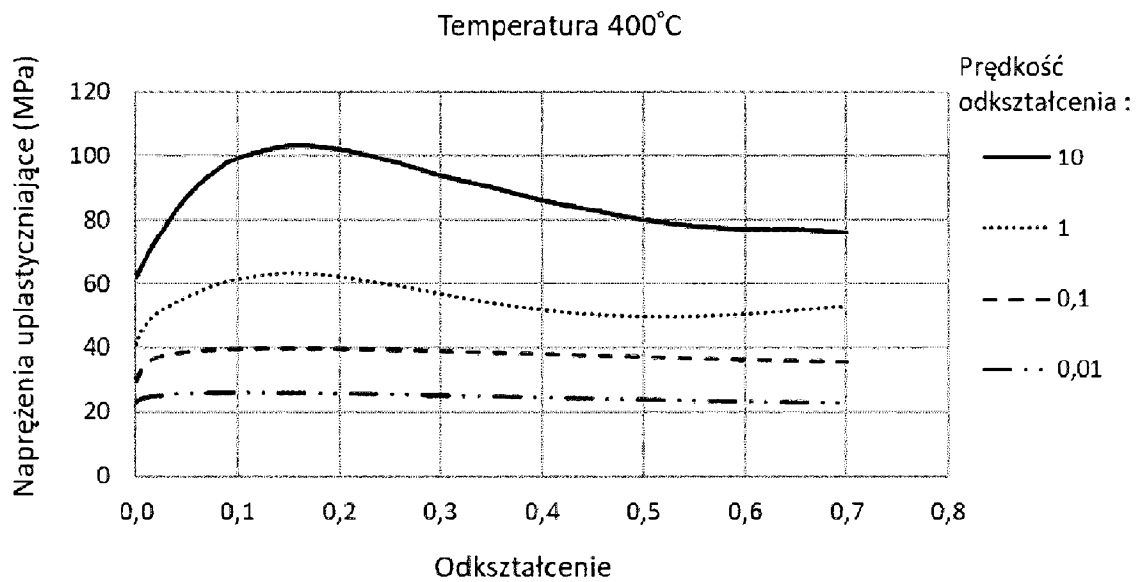


Rys. 5b

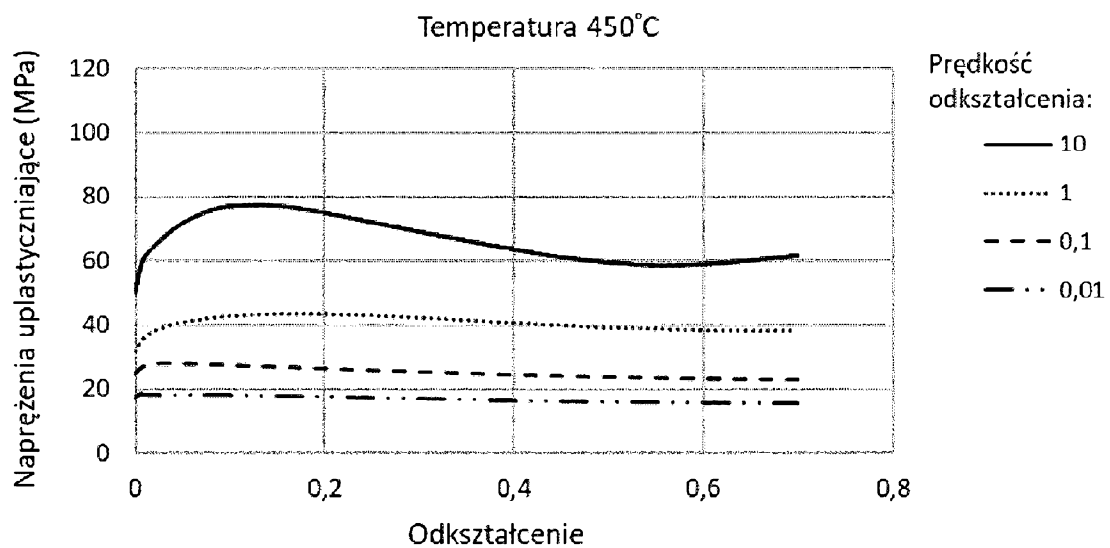
Wykres 1



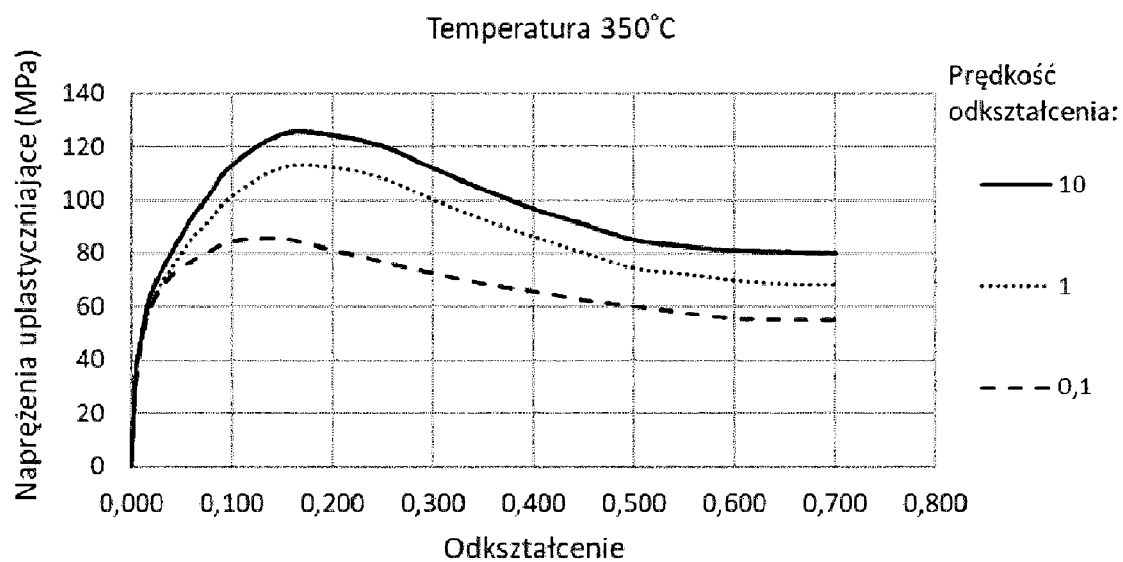
Wykres 2



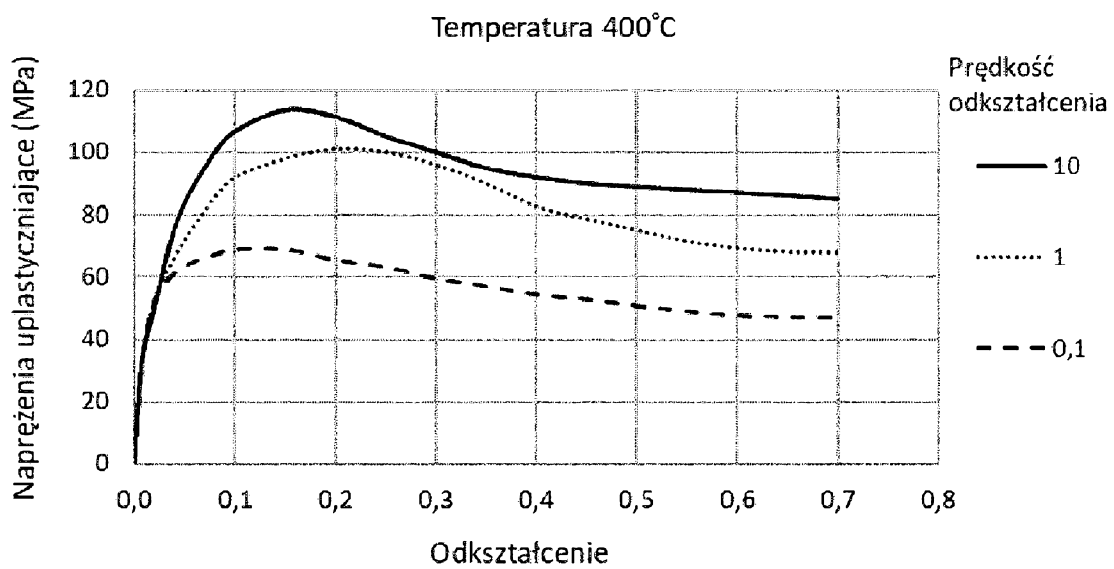
Wykres 3



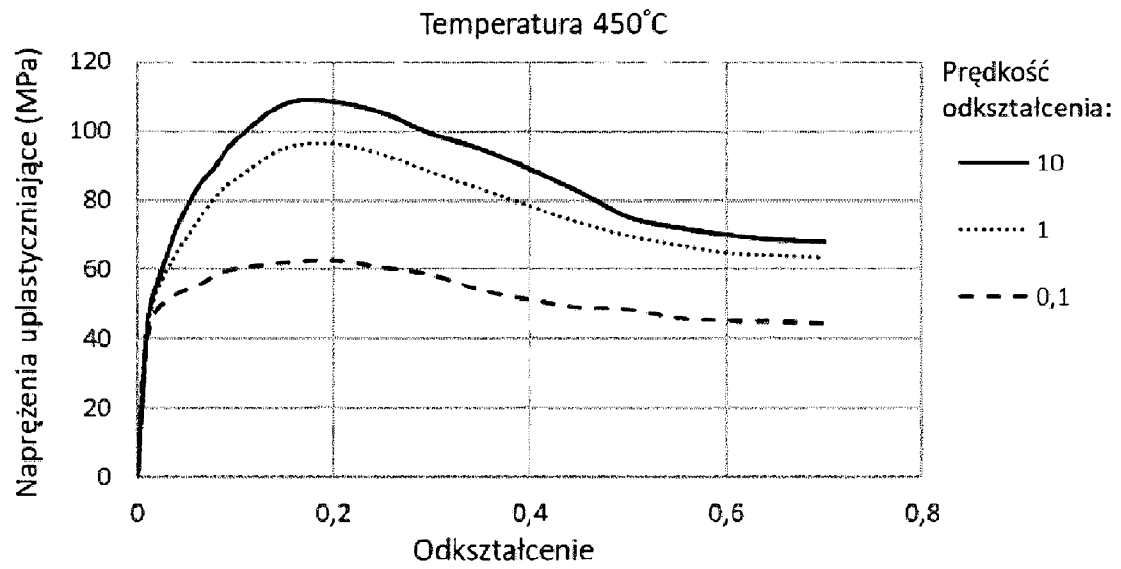
Wykres 4



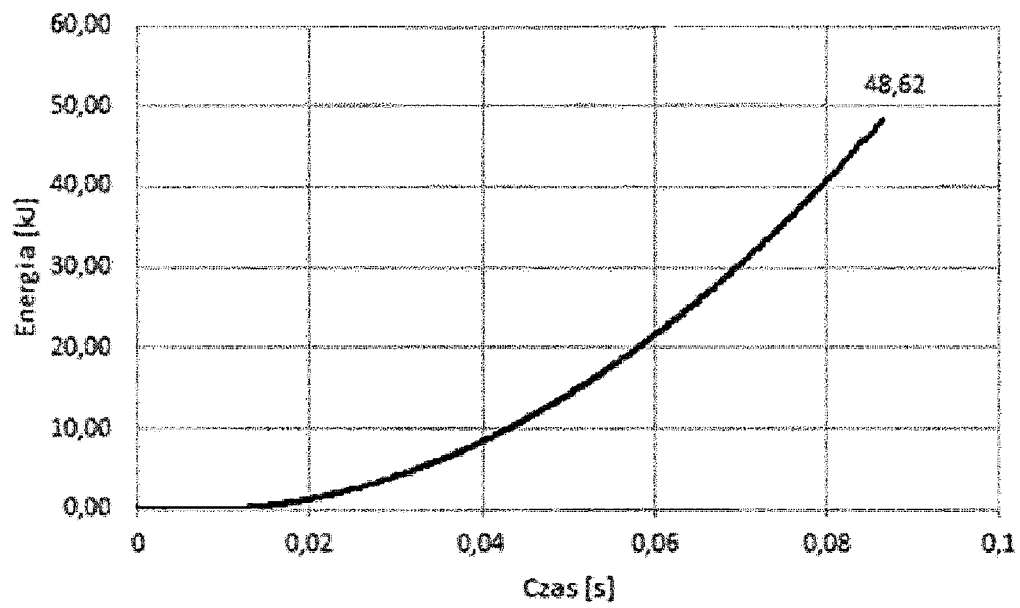
Wykres 5



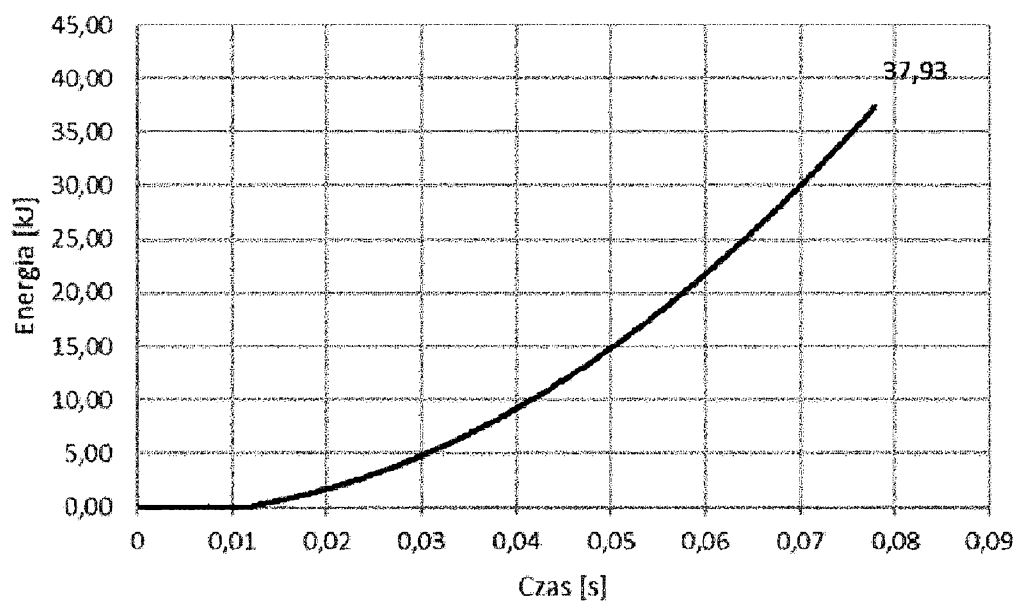
Wykres 6



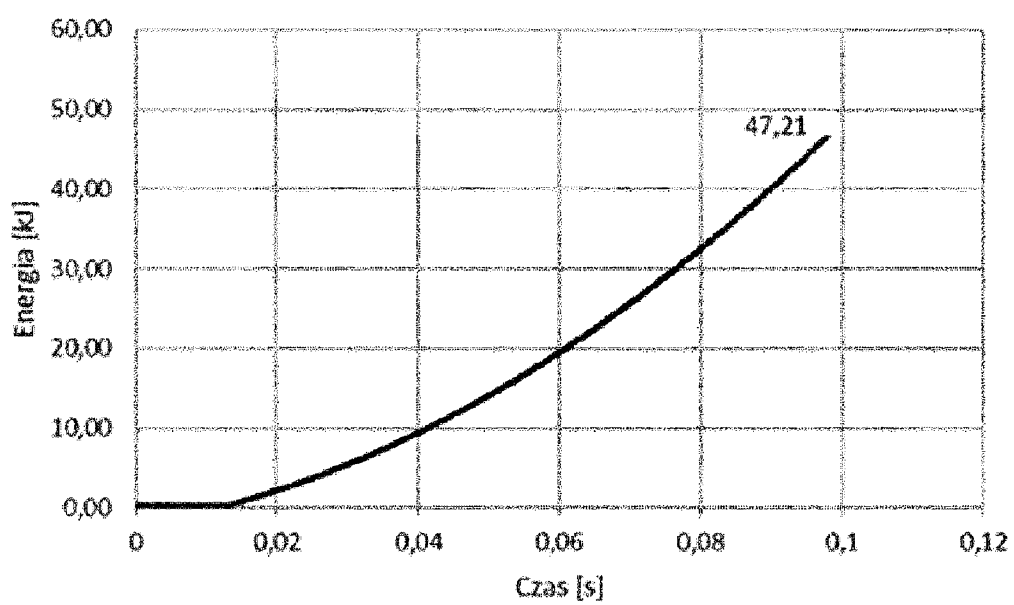
Wykres 7



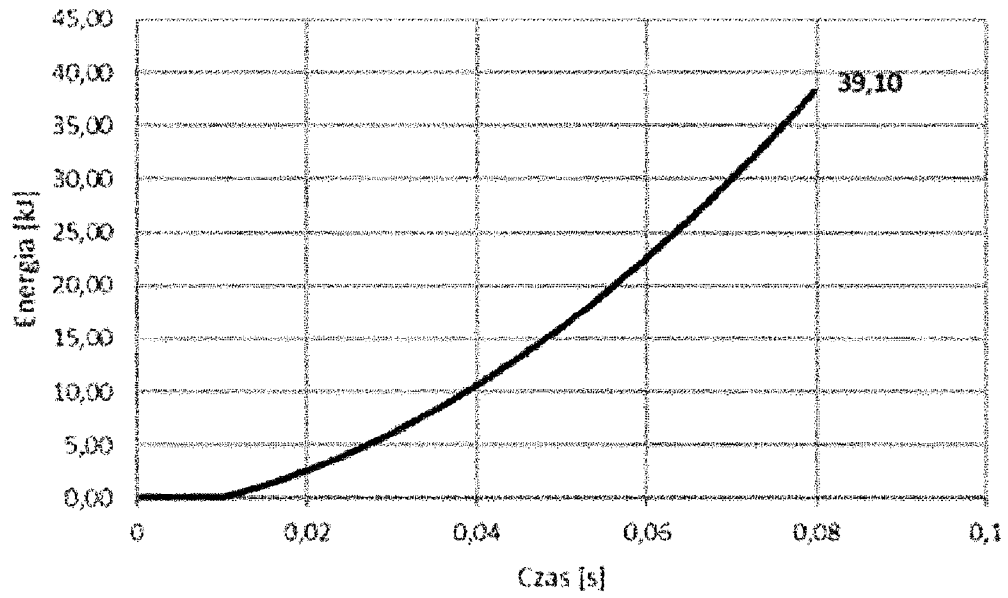
Wykres 8



Wykres 9



Wykres 10



Wykres 11

