RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **230182**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **414263**

(22) Data zgłoszenia: **06.10.2015**

(51) Int.Cl.
B22D 11/115 (2006.01)
B22D 11/10 (2006.01)
B22D 11/04 (2006.01)

(54) **Sposób wytarzania wyrobów z metali i ich stopów, zwłaszcza stopów aluminium, z wykorzystaniem ciągłego odlewu z dodatkowym kształtowaniem struktury oraz układ do jego realizacji**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
10.04.2017 BUP 08/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.10.2018 WUP 10/18

(73) Uprawniony z patentu:
ADAMET WITOLD GAJDEK, ADAM PĘCZAR SPÓŁKA JAWNA, Rzeszów, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
TADEUSZ KNYCH, Kraków, PL
ANDRZEJ MAMALA, Kraków, PL
PAWEŁ KWAŚNIEWSKI, Sułków, PL
WITOLD GAJDEK, Rzeszów, PL
ADAM PĘCZAR, Rzeszów, PL
GRZEGORZ KIESIEWICZ, Kraków, PL
WOJCIECH ŚCIĘŻOR, Kraków, PL
ARTUR KAWECKI, Kraków, PL
BEATA SMYRAK, Bulowice, PL
RADOSŁAW KOWAL, Pilica, PL
SZYMON KORDASZEWSKI, Kosmolów, PL
KRYSTIAN FRANCZAK, Prusy, PL
JUSTYNA GRZEBINOGA, Przytkowice, PL
ELIZA SIEJA-SMAGA, Dobra, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Anna Górska

PL 230182 B1

Opis wynalazku

Wynalazek dotyczy sposobu wytwarzania wyrobów z metali i ich stopów z wykorzystaniem ciągłego odlewu z dodatkowym kształtowaniem struktury, w tym zwłaszcza odnosi się do wytwarzania prętów, profili i blach. Wynalazek dotyczy także układu do realizacji tego sposobu. W wyniku zastosowania sposobu będącego przedmiotem wynalazku, uzyskuje się wyroby o drobnoziarnistej strukturze krystalicznej, w wyniku zastosowania w procesie odlewu dodatkowego elementu w postaci układu grzewczo-chłodzącego. Przedstawiony sposób otrzymywania materiałów stanowi efekt badań nad własnościami stopów na bazie miedzi. Materiał uzyskiwany w wyniku zastosowania sposobu według wynalazku posiada silnie rozdrobnioną strukturę wewnętrzną i cechuje się podwyższonymi własnościami eksploatacyjnymi. Wynalazek dotyczy także układu do realizacji ww. sposobu.

Rozwiązania według wynalazku dotyczą rozwiązań stosowanych w metalurgii.

Ze stanu techniki znane są różne sposoby wytarzania prętów z wykorzystaniem ciągłego odlewu oraz układy do realizacji tych sposobów.

Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego US4515204 znany jest sposób wytwarzania odlewów charakteryzujących się strukturą wewnętrzną z kilkoma długimi kryształami na przekroju wzdłużnym odlewu, która jest uzyskiwana przez specjalny układ krystalizatora lokalnie podgrzewający metal poprzez wyeliminowanie układu chłodzenia pierwotnego. Wewnętrzne ścianki formy krystalizatora, utrzymuje się w temperaturze nieco wyższej od temperatury krzepnięcia, w ten sposób metal utrzymuje stan ciekły, aż do momentu jego opuszczenia. Dodatkowo zastosowana atmosfera ochronna w postaci azotu, argonu bądź helu, pozwala uniknąć ewentualne utlenienia bądź segregacji składników stopowych w wyniku działania wysokiej temperatury. Powierzchnia roztopionego metalu w otworze wylotowym może mieć zasadniczo zerowe ciśnienie. Przedstawiony wynalazek umożliwia ciągły odlew w układzie pionowym w dół, poziomym oraz każdym innym kierunku, który umożliwia otrzymanie wlewków, w tym płyt, rur z powierzchnią o wysokiej gładkości. W wyniku tego procesu otrzymuje się materiał o ukierunkowanej kolumnowej strukturze powstającej wzdłuż osi odlewania. Parametry procesu posiadające silny wpływ na jakość otrzymanego wyrobu to m.in. ciśnienie na wyjściu z krystalizatora, prędkość odlewania oraz temperatura.

Inny przykład wykorzystania metody ciągłego odlewania przedstawiono w amerykańskim zgłoszeniu patentowym US4605056. W myśl tego rozwiązania metal podlega stopieniu w otwartej poziomej formie, której ściany posiadają wyższą temperaturę od temperatury krzepnięcia metalu. Podczas, gdy stopiony metal utrzymywany jest w formie pod zerowym ciśnieniem wyjście z formy ulega otwarciu, wprowadzany jest pręt startowy, który ma za zadanie wyprowadzenie ciekłego metalu z formy w postaci zakrzepniętego wyrobu. W przedstawionym rozwiązaniu autorzy wielokrotnie zwracają uwagę na dobór odpowiedniej szybkości odlewania oraz utrzymywanie stosunkowo wysokiej temperatury formy wypełnionej ciekłym metalem. Spełnienie tych dwóch warunków ma się stać gwarantem minimalizacji strat związanych z pękaniem odlewów. Utrzymywanie otwartej górnej powierzchni ciekłego metalu pozwala całkowicie wyeliminować w trakcie krzepnięcia wydostawanie się gazów z ciekłej kąpieli do otaczającej atmosfery. To z kolei daje możliwość uniknięcia możliwych do wystąpienia pęcherzów gazu na powierzchni wyrobów – prętów bądź blach. Przedstawione rozwiązanie posiada dużą zaletę, a mianowicie możliwość wprowadzenia kilku kanałów wnękowych, w celu odlewania większej ilości prętów.

Z kolei w amerykańskim zgłoszeniu patentowym US5271452 przedstawione zostało kolejne rozwiązanie technologiczne obejmujące proces ciągłego odlewania wykorzystując w tym celu przejściowy kanał odlewniczy. Ściany formy odlewniczej, przez który przepływa ciekły metal ogrzewane są za pomocą gazu podawanego pod ciśnieniem. Pozwala to wyeliminować możliwość wystąpienia menisku w dolnej części ścian formy. Technologia ta przewiduje również zastosowanie jedynie systemu chłodzenia w postaci układu bezpośrednio natryskiwanej na zakrzepły materiał wody chłodzącej.

Sposób ciągłego odlewania przedstawiony w polskim patencie PL 134 861 przewiduje podwyższenie własności użytkowych wyrobów, a przede wszystkim poprawę struktury odlewów poprzez wprowadzenie dodatkowego czynnika, jakim jest działanie wirującego rewersyjnego pola magnetycznego w trakcie krzepnięcia ciekłego metalu. Powyższy sposób prowadzenia procesu odlewania eliminuje niekorzystny efekt rozrostu dendrytów, wprowadzając układ generujący rewersyjne prądy wirowe. Zmniejszenie gradientu temperatury kąpieli w konsekwencji umożliwia sukcesywną fragmentację dendrytów, zmniejszenie segregacji oraz powstawanie zarodków krystalizacji.

W szczególności znany jest także z polskiego zgłoszenia patentowego nr P.393457 układ zawierający piec indukcyjny wraz z krystalizatorem opracowany przez zespół pod kierownictwem T. Knycha. Jest on wyposażony w układ krystalizacji pierwotnej obejmujący krystalizator w osłonie ceramicznej oraz układ chłodzenia wtórnego.

Istotnym staje się zapewnienie odpowiedniego stopnia rozdrobnienia struktury odlewów, która w klasycznych technologiach odlewania jest typową gruboziarnistą strukturą dendrytyczną przenoszącą się na znaczną niejednorodność strukturalną chociażby w procesie kształtowania odkuwek w procesie jednooperacyjnego kucia matrycowego. Gruboziarnista niejednorodna struktura wewnętrzna jest zazwyczaj bardzo niepożądana, z punktu widzenia np. odporności korozyjnej, reologiczne oraz udarności, rzutuje również na szereg cech eksploatacyjnych elementów konstrukcyjnych, dlatego też celowe są działania zmierzające do jej rozdrobnienia.

Aby możliwe było uzyskanie odpowiednio drobnoziarnistej struktury krystalicznej wyrobu, niezbędnym staje się wprowadzenie nowego układu krystalizacji ze strefą grzewczo-chłodzącą. Aby krystalizacja zachodziła z dużą intensywnością wymagane jest szybkie odprowadzanie ciepła. Zwiększenie intensywności chłodzenia, powoduje zwiększenie prawdopodobieństwa wystąpienia niekorzystnego zjawiska przechłodzenia odlewanego profilu, który odbierając ciepło od ciekłego metalu szczególnie w strefie tzw. buta, czyli zasilania krystalizatora w metal, w konsekwencji prowadzi do jego zamrożenia w piecu oraz zerwania pasma odlewanego profilu.

Z opisanego wyżej stanu techniki wynika potrzeba opracowania takiego rozwiązania technologicznego, które dadzą możliwość skutecznego kształtowania struktury drobnoziarnistej w jednej operacji formowania odlewu w sposób ciągły, co w efekcie doprowadziłoby do otrzymania materiałów o podwyższonych własnościach eksploatacyjnych. Nastąpiłoby także skrócenie technologii otrzymywania materiałów oraz zmniejszenie energochłonności całego procesu. Pozwoli to na zmniejszenie kosztu produkcji poszczególnych etapów linii technologicznej.

Ogólnie znane i powszechnie stosowane na świecie są różnorakie technologie odlewania ciągłego w postaci przemysłowych instalacji takich jak Upcast, Routomead, Unicast, Conticast, Termetal, SMS Meer, systemy łączące w sobie ciągły odlew z przeróbką plastyczną na gorąco – linie CCR Southwire – linie CCR Southwire COiW Continuus-Properzi oraz metody Twin Roll Casting, jak i klasyczne metody uzyskiwania wyrobów w procesach wyciskania, walcowania, kucia, ciągnienia czy tłoczenia.

Klasyczne technologie odlewania ciągłego opierają się na metodzie krystalizacji poprzez układ chłodzenia pierwotnego oraz wtórnego. Warunki krystalizacji (tj. prędkość odlewania, intensywność chłodzenia, temperatura ciekłego metalu i inne) są tak dobierane, aby zachodził proces krystalizacji i nie następowało zarówno nadmierne przechłodzenie metalu w piecu (migracja frontu krystalizacji w kierunku tygla) oraz zbyt niska intensywność chłodzenia (migracja frontu krystalizacji do wyjścia z krystalizatora). Metody ciągłego odlewania i przeróbki plastycznej na gorąco czy na zimno umożliwiają znacznie większe możliwości kształtowania struktury i własności wyrobów i półwyrobów jednakże, wiążą się jednoznacznie ze wzrostem cen produktów finalnych. W analizowanych aktualnie stosowanych przemysłowych rozwiązaniach nie stosuje się linii do odlewania ciągłego opartych o piec wyposażony w układ modyfikacji elektromagnetycznej w strefie przykrystalicznej i układ krystalizacji do ultraszybkiego chłodzenia z zastosowaniem nowych materiałów krystalizatorowych. Zastosowanie nowatorskich kształtów krystalizatorów z wkładkami z materiałów wysoko przewodzących cieplnie oraz odpornych na ścieranie (syntetycznego diamentu polikrystalicznego TSP alternatywnie węglika krzemy) zwiększy efekty szybkiego przechłodzenia oraz pozwoli na wydłużenie czasu eksploatacji krystalizatorów.

Celem wynalazku jest uzyskanie lepszych parametrów użytkowych wytarzanych materiałów, korzystnie prętów, bądź też płaskowników, czy blach, w nowatorskim procesie odlewania ciągłego z układem wysoko wydajnej elektromagnetycznej modyfikacji struktury w strefie przykrystalicznej systemu chłodzenia pierwotnego przeznaczonych do wyrobów na bazie czystych metali i ich stopów.

Istotną wynalazku jest sposób wytwarzania wyrobów z metali i ich stopów, zwłaszcza stopów aluminium, z wykorzystaniem ciągłego odlewu z dodatkowym kształtowaniem struktury, który obejmuje etap: topienia w temperaturze nie mniejszej niż temperatura topnienia metali zawartych w materiale wsadowym w postaci granulatu z metali nieżelaznych i ich stopów lub/i złomu metali nieżelaznych, oraz etap odlewania wyborów wraz z ich schładzaniem, zwłaszcza wyrobów o przekroju poprzecznym zbliżonym do okręgu lub prostokąta, charakteryzujący się tym, że przed etapem odlewania stopiony materiał wsadowy poddaje się mieszaniu z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego w temperaturze nie mniejszej niż temperatura topnienia metali zawartych w materiale wsadowym.

Korzystnie, gdy materiał wsadowy w postaci granulatu z metali nieżelaznych i ich stopów lub/i złomu metali nieżelaznych stanowią stopy zawierające jako bazowy składnik stopowy aluminium i/lub miedź, zwłaszcza gdy do bazowego składnika stopowego w postaci aluminium dodaje się żelazo (seria 8000) albo magnez i krzem (seria 6000).

Szczególnie korzystnie, gdy materiał wsadowy w postaci granulatu z metali nieżelaznych i ich stopów lub/i złomu metali nieżelaznych stanowią mieszaniny stopów wyżej wymienionych serii

Korzystnie, gdy w sposobie według wynalazku mieszanie zachodzi z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego o częstotliwości min. 50 Hz. Szczególnie korzystnie, gdy mieszanie z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego zachodzi w temperaturze równej bądź wyższej od temperatury topnienia metali zawartych w materiale.

Równie korzystnie, gdy schładzanie zachodzi w temperaturze nie większej niż 400°C.

Korzystnie, gdy w trakcie procesu topnienia dodaje się do stopionego materiału wsadowego mikrododatki w postaci pierwiastków wysokotopliwych lub/i zaprawy.

Równie korzystnie, gdy po etapie odlewania następuje proces przeróbki plastycznej bądź obróbki mechanicznej.

Przedmiotem wynalazku jest także układ do realizacji sposobu według wynalazku zawierający piec topielno-odlewniczy, układ sterujący, układ chłodzący oraz układ wyciągający odlewany materiał charakteryzujący się tym, że pomiędzy piecem topielno-odlewniczego a układem chłodzącym umieszczony jest układ grzewczy do mieszania z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego.

Korzystnie, gdy krystalizator w układzie według wynalazku wyposażony jest dodatkowo w wkładkę z wysoko przewodzących cieplnie materiałów oraz odpornych na ścieranie, zwłaszcza z syntetycznego diamentu polikrystalicznego TSP lub z węglika krzemu.

Równie korzystnie, gdy układ chłodzący w układzie według wynalazku stanowi krystalizator wraz z systemem chłodzenia

Wykorzystanie elektromagnetycznego układu mieszania ciekłego metalu w strefie przykrystalicznej w postaci wzbudnika indukcyjnego o niskiej/średniej częstotliwości w strefie buta tygla zapewniającego intensywne mieszanie metalu co w połączeniu z procesem modyfikacji chemicznej przy zastosowaniu wydajnego układu chłodzenia pierwotnego pozwoli na wytworzenie ogromnej ilości zarodków krystalizacji, a następnie ultraszybką krystalizację odlewów, które cechować się będą jednorodnym na długości i przekroju poprzecznym składem chemicznym oraz drobnoziarnistą strukturą wewnętrzną.

Modyfikacja materiału następuje dzięki zastosowaniu układu grzewczo-chłodzącego, który modyfikuje mikrostrukturę odlewu w taki sposób, iż możliwe jest uzyskanie struktury o wysokim rozdrobnieniu ziarna w całej jego objętości w trakcie ciągłego procesu topienia odlewania. Strefa intensywnego grzania indukcyjnego układu wykonana jest z materiału o odpowiednich własnościach, np. miedzi lub miedzi powierzchniowo chromowanej. Zastosowanie induktora grzewczego, przewiduje wykorzystanie działania pola elektromagnetycznego o częstotliwości umożliwiającej ruch metalu w całej jego objętości, co pozwala uzyskać korzystny efekt strukturalny w skrzepniętym już materiale, po jego strefowym gwałtownym schłodzeniu w ultraszybkich warunkach. Efekt uzyskuje się w wyniku zwiększenia strefy kryształów zamrożonych oraz zmniejszenia grubości i długości strefy kryształów kolumnowych w odlewie.

Wyposażenie krystalizatora z wkładkami z materiałów wysoko przewodzących cieplnie oraz odpornych na ścieranie (np. syntetyczny diament polikrystaliczny TSP lub węglik krzemu) pozwoli zwiększyć efekty szybkiego przechłodzenia, wydłużając czas eksploatacji krystalizatorów.

Prezentowana technologia opracowana przez zgłaszającego we współpracy z jednostkami badawczymi umożliwia uzyskiwanie odlewów o ukierunkowanej wzdłużnej strukturze krystalicznej poprzez zastosowanie odpowiedniej konstrukcji krystalizatora izolowanego oraz zapewnienie warunków cieplnych poprzez układy chłodzenia pierwotnego i wtórnego oraz odpowiednie ruchy posuwisto zwrotne odlewu.

Zastosowany w ramach wynalazku induktor grzewczy o średniej częstotliwości skonstruowany jest w taki sposób, aby poprzez pole elektromagnetyczne wnikające w ciekły metal powodowało jego nagrzewanie oraz dodatkowo ruch w krystalizatorze, co zwiększa efekt rozdrobnienia ziaren. W tym procesie niezbędne jest również zastosowanie odpowiedniego krystalizatora grafitowego, który powinien odznaczać się wysoką przewodnością cieplną, będzie posiadał odpowiednio cienką ściankę oraz wyposażony będzie w specjalną wkładkę izolującą układ grzania od układu chłodzenia, w celu wyeliminowania bariery związanej z oddawaniem ciepła.

Odpowiednie sterowanie strefą krystalizacji, tj. z jednej strony podgrzewanie ciekłego metalu poprzez induktor wytwarzający pole elektromagnetyczne niskiej/średniej częstotliwości gwarantujący ruch metalu w krystalizatorze oraz natychmiastowe jego duże przechłodzenie w połączeniu z modyfikacją

chemiczną, daje pozytywny efekt w postaci odlewu cechującego się drobnoziarnistą strukturą krystaliczną. Znaczące zwiększenie strefy kryształów zamrożonych oraz zmniejszeniem grubości i długości kryształów kolumnowych, to pożądane efekty zastosowanych operacji. Opracowane wytyczne do technologii uzyskiwania odlewów dla przykładu $CuNi_2Si$ lub aluminium w gat. EN AW-8079 o bardzo drobnym ziarnie stają się innowacyjnym rozwiązaniem w budowie lub modyfikacji istniejących technologii wytwarzania prętów, profili, blach w procesach odlewania ciągłego odmiennych stopów oraz metali czystych, które aktualnie posiadają niekorzystną gruboziarnistą strukturę krystaliczną. Uzasadnieniem ekonomicznym rozwiązania jest konkurencyjna linia technologiczna, ograniczająca energochłonność procesu wytwarzania odlewów.

Dzięki zastosowaniu sposobu według wynalazku uzyskuje się wysoki poziom własności mechanicznych, udarnościowych, odporności reologicznej wynikających z jednorodnej struktury otrzymanego materiału. Dodatkowo uzyskuje się wysoką odporność korozyjną, znaczne podwyższenie walorów antykorozyjnych oraz obniżenie prawdopodobieństwa zaistnienia zwłaszcza korozji międzykrystalicznej.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony w przykładach wykonania oraz na załączonym rysunku niebędącym jednak ograniczeniem zakresu zgłoszenia, na którym:

Fig. 1 ilustruje schematycznie sposób wytwarzania prętów z wykorzystaniem ciągłego odlewu z dodatkowym kształtowaniem struktury, który jest przedmiotem wynalazku,

Fig. 2 ilustruje układ strefowej krystalizacji wraz z sterowaniem,

Fig. 3 ilustruje układ strefowej krystalizacji z piecem topielno-odlewniczym oraz układem wyciągającym,

Fig. 4 ilustruje grzewczo-chłodzący układ strefowej krystalizacji z wkładką izolacyjną,

Fig. 5 ilustruje wkładkę ceramiczną oraz krystalizator grafitowy.

P r z y k ł a d 1

Materiał w postaci granulatu poddany został procesowi topienia w temperaturze 1250°C w tyglu grafitowym indukcyjnym pieca topielno-odlewniczego **3**. W skład całego układu odlewania wchodzi aparatura sterująca **1**, **2**. Skład chemiczny stopu $CuNi_2Sn$ obejmuje zawartość procentową poszczególnych składników: 1,6–2,5% wag. niklu w miedzi i 0,4–0,8% wag. krzemu w miedzi. Proces odlewania zachodzi w atmosferze gazu obojętnego w temperaturze 1250°C oraz z prędkością 10 mm/s. Ciekły metal po stopieniu przechodzi do strefy układu grzewczego **4**. Zastosowany układ grzewczy **4** w postaci wzbudnika indukcyjnego o wysokiej częstotliwości 2 kHz. Odlew na wyjściu z układu chłodzącego **5** w postaci krystalizatora **5a** oprócz ruchów posuwistych nadanych poprzez układ wyciągający **7** w postaci walców, poddany jest naprzemiennemu skręceniu o kąt max 90° w kierunku prostopadłym do osi wyrobu. Układ grzewczy **4** dodatkowo utrzymuje temperaturę ciekłego metalu w układzie krystalizatora **5a** w temperaturze 1250°C, a następne w układzie chłodzenia **5** następuje obniżenie temperatury do 3°C. W wyniku tego procesu otrzymano pręty, które następnie skierowano do procesu jednooperacyjnego kucia matrycowego. Po operacji przeróbki plastycznej zastosowano proces starzenia sztucznego w temperaturze 500°C w czasie 5 h.

W wyniku realizacji procesu otrzymano odkuwki stanowiące wyposażenie osprzętu sieci trakcyjnych o następujących własnościach: Rm = 650 MPa, R0,2 = 520 MPa, A50 = 12%, twardość w skali Brinella 92–96 HRB, γ = 25 MS/m.

P r z y k ł a d 2

Materiał w postaci aluminiowych gąsek oraz złomu aluminiowego stanowiącego jedynie jako dodatek do składu w maksymalnej w ilości ok. 10% jego masy. Tak skomponowany materiał wsadowy poddany został procesowi topienia w temperaturze 700°C w piecu topielno-odlewniczym **3** stanowiącym tygiel grafitowy w osłonie gazu obojętnego. W strefie przykrystalicznej zastosowany niską częstotliwość wzbudnika indukcyjnego strefy grzewczej **4** tj. 50 Hz. Ciekły metal po stopieniu z tygla grafitowego przechodzi do strefy układu grzewczego **4**, z miedzianym krystalizatorem **5a** o przekroju prostokątnym z wkładką **5** z syntetycznego diamentu polikrystalicznego, gdzie po wstępnej modyfikacji elektromagnetycznej we wkładce **4a** ceramicznej i szybkim schłodzeniu do temperatury 5°C następuje wyprowadzenie odlanego wyrobu przez układ wyciągający **7**. Proces odlewania przebiega z prędkością 2 mm/s.

W wyniku tego procesu otrzymane zostały blachy z aluminium w gat. EN AW-8079, które następnie są kierowane w dalszej kolejności do procesu walcowania na zimno. Po operacji przeróbki plastycznej nie zastosowano operacji obróbki cieplnej. Efektem przeprowadzonych procesów są blachy o grubości 3 mm o jednorodnej strukturze w całej objętości wyrobu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania wyrobów z metali i ich stopów, zwłaszcza stopów aluminium, z wykorzystaniem ciągłego odlewu z dodatkowym kształtowaniem struktury, który obejmuje etap: topienia w temperaturze nie mniejszej niż temperatura topnienia metali i ich stopów zawartych w materiale wsadowym w postaci granulatu z metali nieżelaznych i ich stopów lub/i złomu metali nieżelaznych, oraz etap odlewania wyborów wraz z ich schładzaniem, zwłaszcza wyrobów o przekroju poprzecznym zbliżonym do okręgu lub prostokąta, **znamienny tym**, że przed etapem odlewania stopiony materiał wsadowy poddaje się dodatkowemu mieszaniu z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego w temperaturze nie mniejszej niż temperatura topnienia metali zawartych w materiale wsadowym.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że materiał wsadowy w postaci granulatu z metali nieżelaznych i ich stopów lub/i złomu metali nieżelaznych stanowią stopy zawierające jako bazowy składnik stopowy aluminium i/lub miedź.
3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że do bazowego składnika stopowego w postaci aluminium dodaje się żelazo (seria 8000) albo magnez i krzem (seria 6000).
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że mieszanie zachodzi z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego o częstotliwości min. 50 Hz.
5. Sposób według zastrz. 4, **znamienny tym**, że mieszanie z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego zachodzi w temperaturze równej bądź wyższej od temperatury topnienia metali zawartych w materiale.
6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że schładzanie zachodzi w temperaturze nie większej niż 400°C.
7. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w trakcie procesu topnienia dodaje się do stopionego materiału wsadowego mikrododatki w postaci pierwiastków wysokotopliwych lub/i zaprawy.
8. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że po etapie odlewania następuje proces przeróbki plastycznej bądź obróbki mechanicznej.
9. Układ do realizacji sposobu według zastrz. 1–8 zawierający piec topielno-odlewniczy (3), układ sterujący (1, 2), układ chłodzący (5) oraz układ wyciągający (7) odlewany materiał, **znamienny tym**, że pomiędzy piecem topielno-odlewniczym (3) a układem chłodzącym (5) umieszczony jest układ grzewczy (4) do mieszania z wykorzystaniem pola elektromagnetycznego.
10. Układ według zastrz. 9, **znamienny tym**, że układ grzewczy (4) wyposażony jest dodatkowo w wkładkę (4a) z wysokoprzewodzących cieplnie materiałów oraz odpornych na ścieranie, zwłaszcza z syntetycznego diamentu polikrystalicznego TSP lub z węglika krzemu.
11. Układ według zastrz. 10, **znamienny tym**, że układ chłodzący (5) stanowi krystalizator (5a) wraz z systemem chłodzenia pierwotnego krystalizatora (5a)

Rysunki

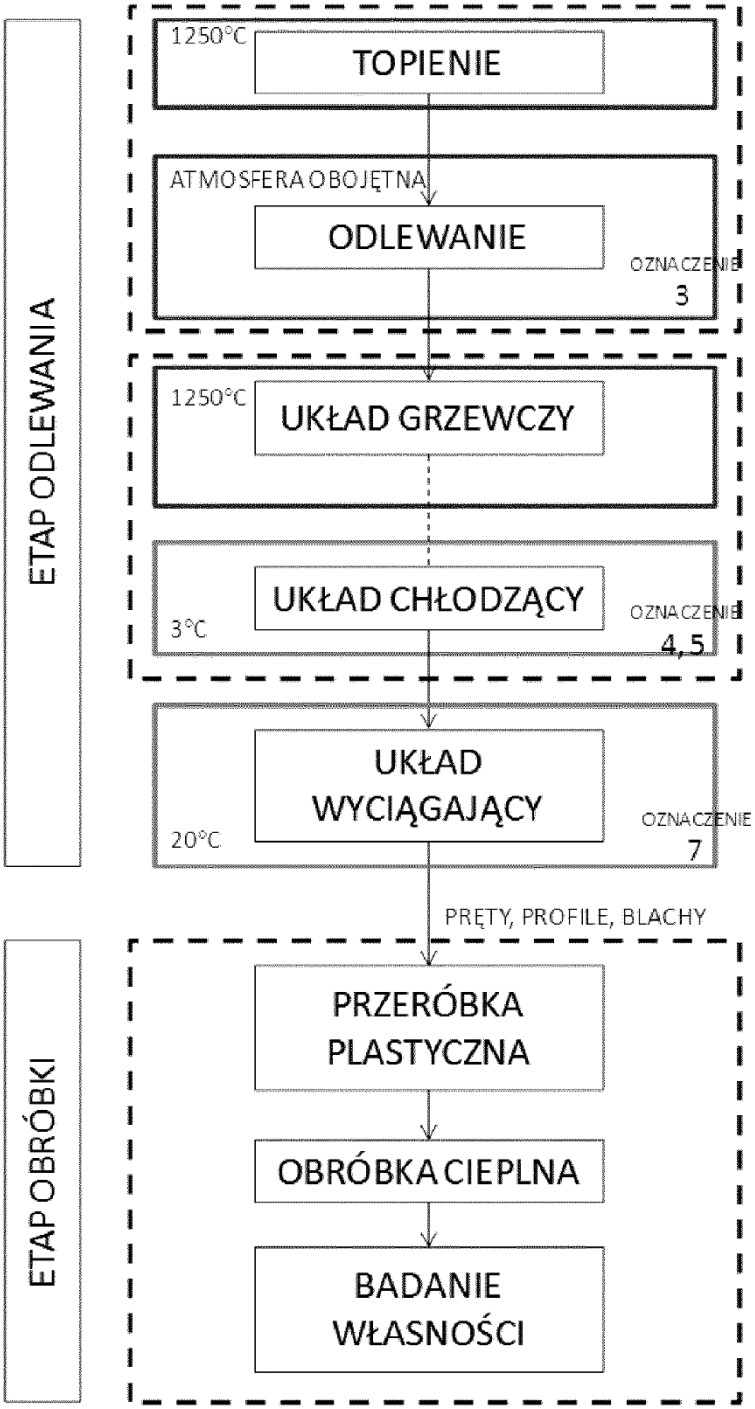

Fig. 1

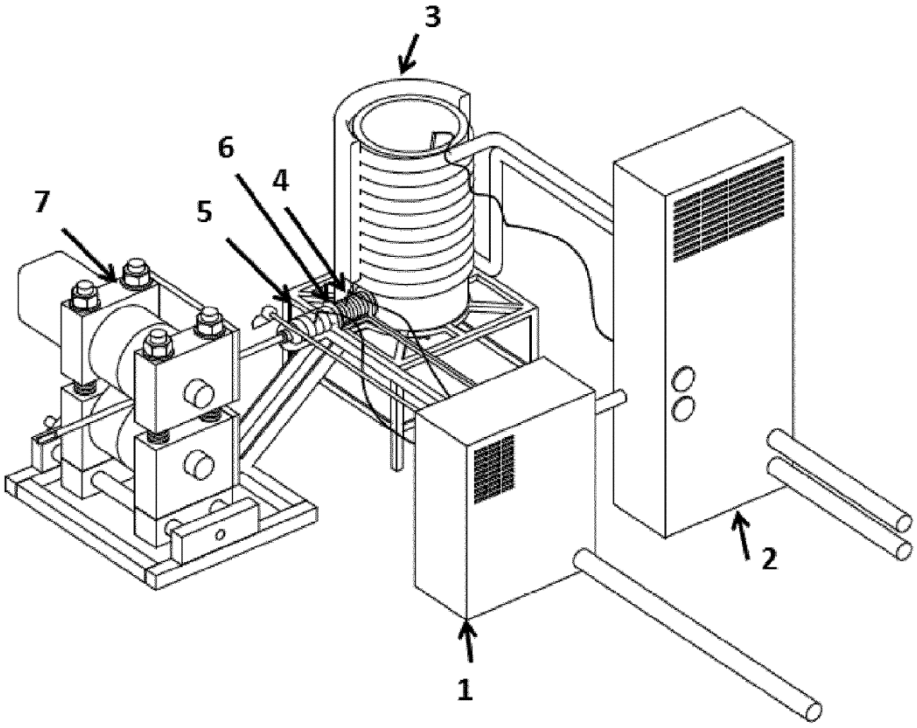

Fig. 2

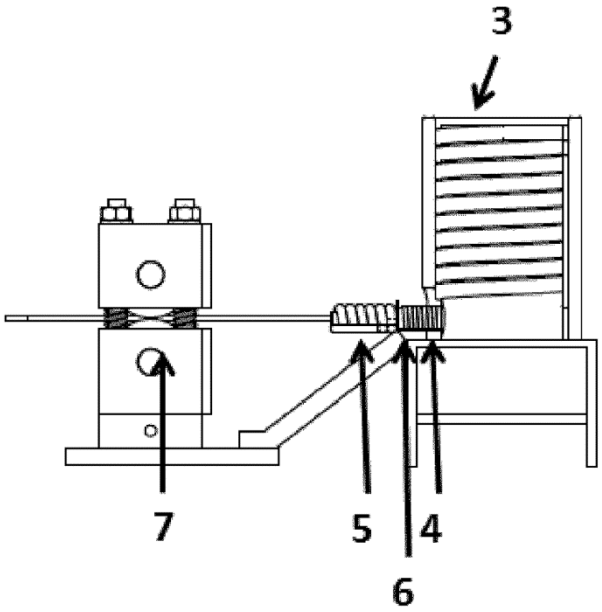

Fig. 3

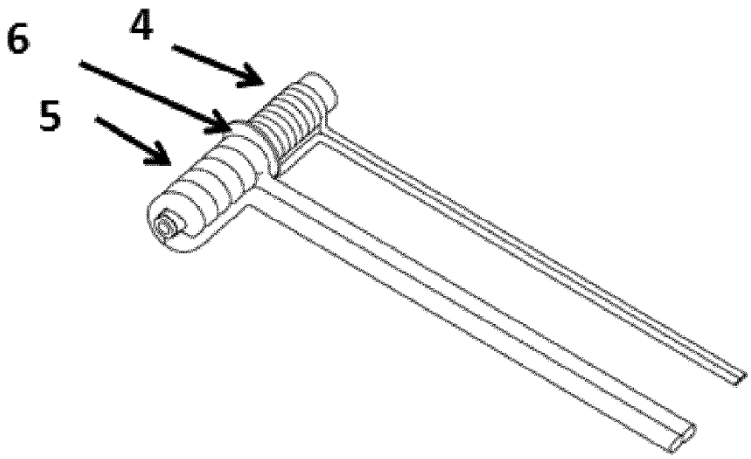

Fig. 4

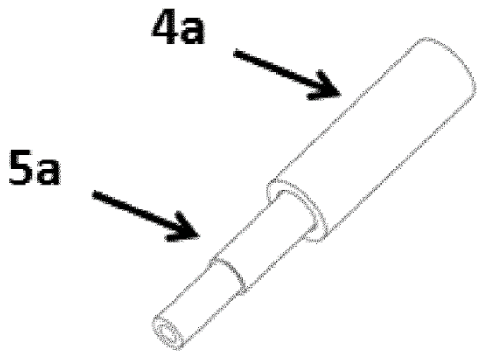

Fig. 5

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 2,46 zł (w tym 23% VAT)