

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 247097 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **446652**

(22) Data zgłoszenia: **2023.11.06**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.12.16 BUP 51/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.05.12 WUP 19/2025**

(51) MKP:

C22B 21/06 (2006.01)

C22C 1/06 (2006.01)

B22D 1/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
**PRZEDSIĘBIORSTWO METALI NIEŻELAZNYCH
BOBREK SPÓŁKA JAWNA KRZYSZTOF
I PAWEŁ KLESZCZ BRONISŁAW KOŹBIAŁ,
Bobrek, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:
WŁADYSŁAW WĘŻYK, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Adam Pawłowski, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Sposób wytwarzania odlewniczych wtórnych stopów aluminium

PL 247097 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania odlewniczych wtórnych stopów aluminium, który pozwala na uzyskanie stopów wysokiej czystości ze złomu, w procesie recyklingu.

Stopy aluminium są dobrze znane i powszechnie stosowane w procesach odlewniczych. Istnieją dwa główne typy stopów aluminium. Pierwszy z nich to stopy pierwotne powstające na bazie aluminium pierwotnego. Aluminium pierwotne powstaje na drodze wzbogacania i chemicznej obróbki rudy glinu (boksytu), z którego otrzymywany jest tlenek glinu, który następnie przekształcany jest w procesie elektrolizy w czyste (99,97%) aluminium pierwotne. Drugim typem stopów odlewniczych są wtórne stopy aluminium. Stopy te powstają w procesie recyklingu złomów i odpadów poprodukcyjnych z aluminium. Pomiędzy tymi typami stopów istnieje duża różnica w energochłonności procesu produkcji. Stopu pierwotne wymagają 90% więcej energii niż stopy wtórne. Z drugiej strony aluminium jako jeden z nielicznych metali jest nieomal w 100% wykorzystywany w gospodarce obiegu zamkniętego co zdecydowanie wpływa na cenę wtórnych stopów aluminium. Dlatego też te stopy znalazły szerokie zastosowanie szczególnie w przemyśle motoryzacyjnym, ale również w budowlanym i AGD. Stopy te jednak posiadają pewne ograniczenia, które są związane z obecnością mikrozanieczyszczeń, stałych wtrąceń, takich jak tlenki, węgliki, azotki, borki czy spineli oraz zanieczyszczeń gazowych. Zanieczyszczenia to produkty uboczne procesu recyklingu, przetwarzania złomów i odpadów z aluminium na drodze metalurgicznej. Stopy pierwotne, otrzymane z aluminium pierwotnego, charakteryzują się wysoką czystością i zawierają mniej zanieczyszczeń, które występują w stopach wtórnych.

Obecność zanieczyszczeń gazowych i stałych wtrąceń w stopach wtórnych prowadzi do pogorszenia ich właściwości mechanicznych, takich jak wytrzymałość na rozciąganie czy wydłużenie, i może stanowić potencjalną przyczynę mikropęknięć pojawiających się w czasie eksploatacji gotowych odlewów. Z tego powodu stopy wtórne nie znajdują pełnego wykorzystania w przemyśle motoryzacyjnym do produkcji elementów mających wpływ na bezpieczeństwo, takich jak felgi, układy kierownicze, elementy systemów kontrolowanego zgniotu, odlewy tworzące struktury nadwozia czy układy hamulcowe. W rezultacie te elementy są wykonywane ze znacznie droższych stopów pierwotnych, którego produkcja wymaga o 90% więcej energii niż aluminium pozyskane w procesie recyklingu.

W celu podniesienia jakości wtórnych stopów aluminium od lat stosuje się szereg zabiegów obróbki ciekłego metalu. Technologie te są głównie oparte na zastosowaniu soli rafinujących oraz urządzeń do rafinacji gazowej rzadziej obejmują procesy filtracji z użyciem filtrów ceramicznych. Sole stosowane w procesach obróbki ciekłych stopów aluminium to głównie związki chloru, fluoru, potasu i sodu. Ich działanie polega na wytwarzaniu, wskutek reakcji chemicznej w kąpeli metalowej, strumienia gazu rafinującego oraz wywoływaniu reakcji egzotermicznej na powierzchni ciekłego metalu. Głównym celem tego procesu jest usunięcie wodoru z ciekłego metalu. Wprowadzany gaz obojętny, najczęściej azot lub argon, a w przydatku soli mieszanina tych gazów z chlorem jest rozpraszana w postaci drobnych pęcherzyków w całej objętości ciekłego metalu, gdzie na zasadzie dyfuzji i wzajemnego oddziaływania gazów w cieczy usuwają obecny w ciekłym metalu wodór. Natomiast reakcja egzotermiczna soli na powierzchni ciekłego metalu ma na celu zmniejszenie ilości ciekłego metalu w zgarach gromadzących się w trakcie procesu na powierzchni kąpeli. Dużą wadą tych procesów jest powstający odpad, czyli zgary zanieczyszczone związkami chloru, fluoru, potasu i sodu, które stanowią grupę odpadów niebezpiecznych. Alternatywną metodą jest proces rafinacji gazowej realizowany za pomocą dysz obrotowych, które wprowadzają gaz obojętny do ciekłego metalu. Proces ten podobnie jak w przypadku soli wykorzystuje zjawisko dyfuzji z tą różnicą, że gaz obojętny jest wprowadzany do ciekłego metalu dyszą wirującą a nie powstaje wskutek reakcji chemicznej oraz procesów fizycznych zachodzących w mieszaninach gazu z cieczą. Drugoplanową, często pomijaną i zaniedbywaną rolą procesu rafinacji gazowej jest proces flotacji. Proces ten wykorzystuje zjawisko adhezji drobnych wtrąceń na powierzchni przepływających przez kąpiel pęcherzyków gazu obojętnego. Wtrącenia te gromadzą się w zgarach na powierzchni ciekłego stopu. Jednak, jak wynika z danych literaturowych, dotychczas stosowane dysze wirujące są zoptymalizowane wyłącznie do procesu odgazowania. Oznacza to że istnieje możliwość podniesienia skuteczności procesu obróbki ciekłego metalu poprzez bardziej efektywne wykorzystanie procesu flotacji zanieczyszczeń stałych.

Kolejnym procesem realizowanym w celu podniesienia jakości ciekłych stopów wtórnych jest ich filtracja. Przeprowadza się ją za pomocą tkanin filtracyjnych lub piankowych filtrów ceramicznych. Szczególnie skuteczne są filtry piankowe. Są one wytwarzane z materiałów ceramicznych, a ich struk-

tura stanowi siatkę kanałów, porów i połączonych szczelin, tworzących trójwymiarowy labirynt. W przeciwieństwie do filtracji zwykłych cieczy, filtry ceramiczne nie są typowymi filtrami sitowymi. Nie zatrzymują one zanieczyszczeń obecnych w ciekłym metalu na swojej powierzchni, lecz wewnątrz trójwymiarowej struktury. Przepływający przez filtr ciekły metal jest zmuszany do zmiany kierunku przepływu i prowadzony jest przez labirynt połączonych kanalików o zmiennych przekrojach. Skuteczność filtrów zależy od ich gęstości, która określana jest jako ilość porów na cal kwadratowy (jednostka to PPI). Filtr o małej gęstości ma pory, czyli kanaliki, o większym przekroju niż filtry o dużej gęstości.

W procesie produkcji stopów aluminium filtry ceramiczne instalowane są w przepływowych komorach filtracyjnych. Do tego typu zastosowania stosuje się standardowo filtry o małej gęstości, czyli 10–20 ppi. Ich głównym zadaniem jest zatrzymanie zgarów, tlenków obecnych na powierzchni ciekłego stopu. W przypadku drobnych zanieczyszczeń o wielkości kilkunastu mikronów obecnych w objętości strugi ciekłego metalu ich skuteczność jest bardzo niska. Z drugiej strony, użycie do tych procesów filtra o dużej gęstości, na przykład 40–50 ppi, doprowadzi do gromadzenia się na jego powierzchni zgarów. To z kolei prowadzi do zmniejszenia wydajności filtra, a w efekcie do całkowitego zablokowania komory filtracyjnej.

Analizując opisane powyżej technologie obróbki ciekłego metalu twórcy niniejszego wynalazku doszli do wniosku, że zasadne byłoby opracowanie innowacyjnego sposobu produkcji wtórnych stopów aluminium. Sposobu, który umożliwi produkcję wtórnych stopów aluminium o wysokiej czystości. Wyprodukowane tym sposobem stopy będą posiadać parametry jakościowe porównywalne ze stopami pierwotnymi co umożliwi ich zastosowanie w nowych obszarach, które dotychczas były nieosiągalne dla stopów wtórnych.

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania odlewniczych wtórnych stopów aluminium, w którym roztopia się złom aluminium, przeprowadza się rafinację przepływową ciekłego metalu z wykorzystaniem gazów obojętnych, a następnie przeprowadza się filtrację ciekłego metalu przez ceramiczny filtr piankowy, charakteryzujący się tym, że do rafinacji przepływowej wykorzystuje się przepływową komorę rafinacyjną, podzieloną ceramiczną przegrodą na dwie części, przy czym pod ceramiczną przegrodą znajduje się otwór umożliwiający przepływ ciekłego metalu z pierwszej części komory do drugiej części komory zgodnie z kierunkiem przepływu ciekłego metalu przez przepływową komorę rafinacyjną, przy czym w pierwszej części komory za pomocą pierwszej wirującej dyszy zakończonej pierwszym rotorem doprowadza się do ciekłego metalu w pierwszej części komory gaz obojętny, którego pęcherzyki unoszą zanieczyszczenia na powierzchnię ciekłego metalu, a w drugiej części komory za pomocą drugiej wirującej dyszy zakończonej drugim rotorem doprowadza się do ciekłego metalu w drugiej części komory gaz obojętny, którego pęcherzyki unoszą pęcherzyki wodoru z ciekłego metalu na jego powierzchnię, natomiast do filtracji wykorzystuje się komorę filtracyjną wyposażoną w co najmniej jeden wibrator przymocowany do obudowy komory filtracyjnej i przystosowany do wprowadzania komory filtracyjnej w drgania równomierne rozprzeczające ciekły metal w komorze filtracyjnej, przy czym filtrację prowadzi się z wykorzystaniem wielowarstwowego ceramicznego filtra piankowego, w którym warstwa o najmniejszej gęstości znajduje się najbliżej wlotu komory filtracyjnej, a warstwa o największej gęstości najbliżej wylotu komory filtracyjnej.

Korzystnie, w procesie rafinacji przepływowej jako gaz obojętny stosuje się azot, argon lub ich mieszaninę.

Korzystnie, za pomocą pierwszej dyszy wirującej doprowadza się od 17 do 23 l/min gazu obojętnego pod ciśnieniem od 0,8 do 1,0 atm, przy czym pierwszy rotor obraca się z szybkością od 380 do 400 obr/min.

Korzystnie, za pomocą drugiej dyszy wirującej doprowadza się od 20 do 40 l/min gazu obojętnego pod ciśnieniem od 1,5 do 2,0 atm, przy czym drugi rotor obraca się z szybkością od 480 do 800 obr/min.

Korzystnie, jako wielowarstwowy ceramiczny filtr piankowy stosuje się filtr, który ma trzy warstwy.

Korzystnie, pierwsza warstwa wielowarstwowego ceramicznego filtra piankowego ma gęstość w przedziale 5–20 ppm, druga w przedziale 21–40 ppm i trzecia w przedziale 41–60 ppm.

W procesie produkcji odlewniczych wtórnych stopów aluminium według wynalazku etap rafinacji jest realizowany z wykorzystaniem urządzenia do rafinacji przepływowej, wyposażonego w dwie dysze wirujące zakończone rotorami oraz w którym komora urządzenia do rafinacji podzielona jest na dwie części. W pierwszej części wykorzystywany jest rotor zoptymalizowany do efektywnego prowadzenia procesu flotacji zanieczyszczeń stałych, natomiast w drugiej części komory wykorzystywany jest rotor o konstrukcji pozwalającej na optymalne usuwanie zanieczyszczeń gazowych z ciekłego metalu. Ponadto etap filtrowania prowadzony jest z wykorzystaniem wibracyjnej komory filtracyjnej, wyposażonej

w trójwarstwowy filtr ceramiczny o stopniowanej gęstości w zakresie 10–50 PPI. Dzięki zastosowaniu tych rozwiązań możliwe jest uzyskanie odlewniczych wtórnych stopów aluminium o wysokiej czystości, które charakteryzują się podobnymi właściwościami mechanicznymi jak stopy pierwotne i mogą być wykorzystywane w obszarach dotychczas zarezerwowanych dla stopów aluminium wytwarzanych na bazie aluminium pierwotnego.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia schemat kolejnych etapów sposobu wytwarzania odlewniczych wtórnych stopów aluminium według wynalazku;

Fig. 2 przedstawia przykład wykonania przepływowej komory rafinacyjnej;

Fig. 3 przedstawia przykład wykonania rotora przystosowanego do optymalizacji flotacji zanieczyszczeń;

Fig. 4 przedstawia przykład wykonania rotora przystosowanego do optymalizacji odgazowania ciekłego metalu;

Fig. 5 przedstawia przykład wykonania komory filtracyjnej.

Fig. 1 przedstawia kolejne etapy sposobu wytwarzania odlewniczych wtórnych stopów aluminium według wynalazku. W kroku 100 przeprowadzany jest proces sortowania i przygotowania partii materiałów wsadowych (złomu i odpadów z aluminium i jego stopów) do procesu topienia. Proces produkcji wtórnych stopów aluminium jest częścią gospodarki obiegu zamkniętego. Jego podstawą jest recykling złomów i odpadów powstających zarówno po okresie użytkowania elementów ze stopów aluminium oraz w procesie ich produkcji. Bardzo ważną rolę odgrywa proces sortowania odpadów, czyli ich wstępnego oczyszczania z zanieczyszczeń innymi gatunkami metali lekkich np. stopami magnezu lub cynku oraz stopami żelaza. Następnie elementy wykonane ze stopów aluminium dzielone są na wyroby odlewane i wyroby otrzymywane na drodze przeróbki plastycznej, czyli np. profile, blachy, odkuwki. Posortowane materiały stanowią materiały wsadowe do procesu topienia. Ich poszczególny udział w produkcji wtórnych stopów aluminium jest uzależniony od gatunki produkowanego stopu.

W kroku 101 posortowane materiały wsadowe ze stopów aluminium są topione w piecach topielnych. Powstały ciekły metal gromadzony jest w wannie pieca topielnego. W trakcie tego procesu pobierane są próbki ciekłego metalu do analizy składu chemicznego. Analizę tą przeprowadza się na spektrometrach iskrowych. Na podstawie wyników analizy wykonuje się korektę składu chemicznego wprowadzając do ciekłego metalu w piecu wannowym odpowiednie ilości dodatków stopowych. Również w oparciu o tę analizę dobierana jest do procesu topienia odpowiednia kompozycja złomów o różnych składach chemicznych. Efektem tego kroku jest pozyskanie gotowego nowego wtórnego stopu aluminium o określonym składzie chemicznym, który będzie podlegał dalszej obróbce.

W kroku 102 gotowy ciekły stop podlega procesowi rafinacji w procesie ciągłym. Proces rafinacji przeprowadza się w komorze rafinacyjnej 200 przystosowanej do rafinacji przepływowej. Ciekły metal z pieca wannowego wylewany jest na rynnę transportową i kierowany do komory rafinacyjnej 200. Komora rafinacyjna 200 stosowana w sposobie według wynalazku podzielona jest na dwie części 202, 203. W obydwu częściach 202, 203 zanurzone są w przepływającym ciekłym metalu wirujące dysze 205, 206 dostarczające gaz obojętny (azot, argon lub ich mieszaninę) poprzez wał do rotora 215, 216 zamontowanego na dolnym końcu wału. Pojemność przepływowej komory rafinacyjnej 200 może wynosić od 1 do 2 ton. Po wstępnym napełnieniu komory 200 uruchamiany jest proces rafinacji. Podział komory rafinacyjnej na dwie części 202, 203 umożliwia zastosowanie dwóch typów rotorów 205, 206. W pierwszej części 202 zachodzi proces flotacji zanieczyszczeń stałych. W pierwszej części 202 umieszczona jest pierwsza dysza flotacyjna 205, która obraca się z szybkością 380–400 obr/min, wprowadzając do ciekłego metalu gaz obojętny (azot, argon lub ich mieszaninę) w ilości 17–23 l/min pod ciśnieniem 0,8–1,0 atm. Przykładowy kształt pierwszego rotora 215 zamontowanego na końcu pierwszej dyszy flotacyjnej 205 został przedstawiony na Fig. 3. Ma on kształt pierścienia, w którego ścianie bocznej znajdują się wydłużone, skośne otwory przelotowe. Pierwszy rotor 215 jest tak ukształtowany, że wprowadza strugę gazu obojętnego w kierunku ku powierzchni ciekłego metalu. Wykorzystuje się tu zjawisko adhezji zanieczyszczeń na powierzchni pęcherzyków gazu obojętnego, tak że zanieczyszczenia wraz z pęcherzykami gazu unoszą się ku powierzchni. Prowadzi to do skutecznego usunięcia wtrąceń stałych, takich jak tlenki, węgliki, azotki, borki czy spinele z ciekłego metalu przepływającego przez pierwszą część 202 komory rafinacyjnej 200. Zanieczyszczenia unoszone są na powierzchnię ciekłego metalu, skąd w łatwy sposób mogą zostać usunięte. Proces prowadzi się tak, aby uzyskać ciekły metal o zawartości zanieczyszczeń stałych poniżej 0,2 mm²/kg, korzystnie poniżej 0,1 mm²/kg, a najkorzystnie poniżej 0,05 mm²/kg.

Ciekły metal trafia z pierwszej części 202 komory rafinacyjnej 200 do drugiej części 203 komory rafinacyjnej 200, przepływając pod przegrodą 201 tworzącą syfon. Druga część 203 komory rafinacyjnej 200 tworzy komorę odgazowującą. W drugiej części 203 zanurzona jest druga dysza flotacyjna 206 z rotorem 216 o kształcie zoptymalizowanym do procesu odgazowania kąpeli. Przykładowy kształt drugiego rotora 216 przedstawiony jest na Fig. 4. Ma on kształt pierścienia, w którego ścianie bocznej znajdują się wydłużone, poziome otwory przelotowe i który ma nierównomierną górną krawędź zewnętrzną, przez który wprowadza się do ciekłego stopu gaz obojętny (azot, argon lub ich mieszaninę). Stosować można również inne znane ze stanu techniki kształty rotorów, które charakteryzują się rozbudowanym kształtem obejmującym kilka różnego rodzaju załamanych krawędzi bocznych, których zadaniem jest intensywne mieszanie wprowadzanego gazu obojętnego z kąpielą metalową. Mieszanie to ma charakter wielokierunkowy, powodując dużą dyspersję pęcherzyków gazu obojętnego w ciekłym metalu. Większość z tego typu dysz wirujących 206 wymaga dużej prędkości obrotowej w zakresie 500–800 obr/min oraz przepływu gazu obojętnego w zakresie 20–40 l/min przy ciśnieniu 1.5–2.0 atm. Drugi rotor 216 powinien być tak ukształtowany, aby wprowadzać pęcherzyki gazu obojętnego w kierunku dna komory. Wprowadzony do ciekłego metalu gaz obojętny rozbijany jest drugą dyszą wirującą 206 na drobne pęcherzyki, które na zasadzie procesu dyfuzji łączą się z obecnymi w ciekłym aluminium pęcherzykami wodoru. Ciekły metal nasycy się pęcherzykami wielokrotnie, ponieważ już nasycony jest zawracany z powrotem do rotora. Pęcherzyki z mieszaniną gazu unoszone są na powierzchnię ciekłego metalu. Dzięki temu procesowi z kąpeli usuwany jest wodór. Proces powinien być prowadzony tak, aby dążyć do uzyskania końcowego stężenia wodoru w kąpeli poniżej 0,1 cm³/100 g, korzystnie poniżej 0,05 cm³/100 g, a najkorzystniej poniżej 0,042 cm³/100 g.

W kroku 103 ciekły metal zostaje poddany procesowi filtracji. Ciekły metal przepływa przez komorę filtracyjną 300. W zaproponowanym sposobie w komorze 300 tej znajduje się trójwarstwowy filtr ceramiczny piankowy 400. Na obudowie 302 komory filtracyjnej 300 zamontowany jest co najmniej jeden elektrowibrator 301, korzystnie dwa elektrowibratory 301. Generują one wibracje o małej amplitudzie i dużej częstotliwości. Drgania zapewniają równomierne rozprowadzenie metalu w komorze filtracyjnej 300 oraz na przekroju poprzecznym zestawu filtrów. Do filtracji wykorzystywany jest filtr składający się z kilku warstw, korzystnie trzech 401, 402, 403, przy czym poszczególne warstwy różnią się gęstością. Korzystnie, warstwy bliższe wlotowi 303 komory filtracyjnej 300 mają mniejszą gęstość niż warstwy dalsze, np. 10 ppm, 30 ppm i 50 ppm patrząc od strony wlotu 303 komory filtracyjnej 300. Korzystnie, poszczególne warstwy filtra 400 są ceramicznymi filtrami piankowymi. Dzięki takiej konstrukcji filtra 400 możliwe jest odfiltrowanie maksymalnie dużej ilości zanieczyszczeń, przy ograniczeniu ryzyka zatkania filtra 400, co zdarza się często przy zastosowaniu pojedynczego filtra o dużej gęstości np. 50 ppm. W wyniku tego procesu uzyskuje się ciekły metal o zawartości zanieczyszczeń poniżej 0,02 mm²/kg, korzystnie poniżej 0,015 mm²/kg, a najkorzystniej poniżej 0,012 mm²/kg.

W kroku 104 odlewniczy wtórny stop aluminium, uzyskany dzięki wcześniej opisaną metodą oczyszczania, może zostać zastosowany do produkcji odlewów aluminiowych stosowanych najbardziej wymagających obszarach w przemyśle motoryzacyjnym. Uzyskany stop aluminium może zostać również przeznaczony do dalszych procesów produkcyjnych w postaci gąsek lub ciekłego metalu.

Przykład wykonania

W kroku 100 przeprowadzono proces sortowania i przygotowania partii materiałów wsadowych (złomu i odpadów z aluminium i jego stopów) do procesu topienia. Do dalszych etapów wybrano jedynie złom aluminium nie zawierający zanieczyszczeń magnezem i cynkiem.

W kroku 101 partia złomu aluminium przeznaczona do recyklingu została stopiona i przygotowana do dalszej obróbki. W ramach kontroli jakości przeprowadzono analizę składu stopu co potwierdziło, że dobrana kompozycja złomu pozwoliła na uzyskanie stopu aluminium o pożądanym składzie.

Ciekły metal był wprowadzany rynną transportową z pieca wannowego do komory rafinacyjnej 200 przystosowanej do rafinacji przepływowej. Ciekły metal do pierwszej części 202 komory, gdzie z wykorzystaniem pierwszego rotora 205 przystosowanego do optymalizacji flotacji zanieczyszczeń do kąpeli wprowadzono azot w objętości 20 l/min pod ciśnieniem 0,9 atm. Rotor obracał się z szybkością 390 obr/min. Dzięki temu działaniu zanieczyszczenia w postaci wtrąceń stałych tj.: tlenki, węgliki, azotki, borki czy spineli zostały uniesione na powierzchnię kąpeli nie przechodząc do dalszego etapu obróbki.

Z pierwszej części 202 komory ciekły metal przepływał pod ceramiczną przegrodą 201, dzielącą przepływową komorę rafinacyjną 200, do drugiej części 203 komory. W drugiej części 203 komory azot w objętości 30 l/min pod ciśnieniem 1,5 atm był wprowadzany do kąpeli za pomocą drugiego rotora 206

zoptymalizowanego do odgazowywania. Rotor 206 obracał się z szybkością 700 obr/min. W tym wypadku był to rotor firmy FOSECO typ FDU XSR OX 190. W wyniku tego procesu pozbyto się z kąpeli nadmiaru wodoru, który niekorzystnie wpływa na właściwości stopu.

Ciekły metal po wyjściu z drugiej części komory 203 trafiał do komory filtracyjnej 300, w której prowadzono proces filtrowania w kroku 103. Komora filtracyjna 300 składała się z obudowy 302 stalowej wzmocnionej profilami stalowymi. Na zewnątrz komory filtracyjnej na jej bocznych ścianach zamontowane były dwa elektrowibratory 301. Wywoływały one wibracje o niskiej amplitudzie i wysokiej częstotliwości w ciekłym metalu wypełniającym komorę filtracyjną 300, aby uniknąć blokowania się przepływu ciekłego metalu. Całość konstrukcji komory 300 ustawiona była na czterech sprężynowych tłumikach drgań, które zamontowane były do ramy nośnej (podstawy) komory filtracyjnej 300. Komora filtracyjna 300 posiadała pokrywę stalową wypełnioną od strony komory betonem izolacyjnym. Wnętrze komory filtracyjnej składało się z warstwy izolacyjnej wykonanej z materiałów ceramicznych oraz wymurówki roboczej wykonanej z betonu żaroodpornego. Wewnątrz wymurówki znajdowało się zaformowane gniazdo, które miało kształt ściętej piramidy obróconej podstawą ku górze komory filtracyjnej 300. W gnieździe umieszczono ceramiczny filtr piankowy 400. Filtr zastosowany w tym wypadku był ceramicznym filtrem piankowym składającym się z trzech warstw 401, 402, 403 filtrujących. Warstwy filtrujące były ułożone tak, że warstwa o najmniejszej gęstości 401 znajdowała się najbliżej wlotu 303 komory filtracyjnej, a warstwa o największej gęstości 403 najbliżej wylotu 304 komory filtracyjnej. Warstwy miały gęstość odpowiednio 10 ppm 401, 30 ppm 402 i 50 ppm 403. Dzięki zastosowaniu takiego układu nie dochodziło do zapchania filtra gromadzącymi się zanieczyszczeniami i prędkość przepływu ciekłego metalu przez filtr była limitowana prędkością linii produkcyjnej i wynosiła 4,5 t/h.

W kroku 104 ciekły metal opuszczający komorę filtracyjną 300 został poddany dalszym procesom odlewania gąsek ze stopu $AlSi_7MgO_3$, o przeznaczeniu do produkcji felg samochodowych. Z racji na jego korzystne właściwości mechaniczne wykonano z niego elementy karoserii.

Podsumowując, w wyniku przedstawionego powyżej procesu uzyskano ze złomu aluminium odlewniczy wtórny stop aluminium o wysokiej czystości.

Zawartość łączna zanieczyszczeń stałych, zbadana przy zastosowaniu aparatu PREFIL oraz badaniami metalograficznymi połączonymi z analizą obrazu, była na poziomie mniejszym niż 0.020 mm²/kg, w szczególności:

- zawartość węglików w postaci Al_4C_3 na poziomie poniżej 0.007 mm²/kg
- zawartość tlenków i spineli MgO , $MgAl_2O_4$ na poziomie poniżej 0.01 mm²/kg
- zawartość wtrąceń pochodzących z materiałów ceramicznych wyłożenia pieców, tj. Al_2O_3 , CaO , SiO_2 na poziomie poniżej 0.007 mm²/kg.

Zawartość wodoru była natomiast w przedziale 0,035–0,043 cm³/100 g. Oznacza to, że uzyskany odlewniczy wtórny stop aluminium spełnia normy branży automotive dla odlewniczych stopów aluminium przeznaczonych do produkcji elementów bezpieczeństwa oraz elementów struktury karoserii. Osiągnięto również zawartość wodoru w stopie, która nie przekracza 0,1 cm³/100 g co zgodnie ze standardami branży pozwala uznać ją za niską. Uzyskanie odlewniczych wtórnych stopów aluminium o tak dobrych parametrach jakościowych nie było dotychczas możliwe.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania odlewniczych wtórnych stopów aluminium, w którym roztopia się złom aluminium, przeprowadza się rafinację przepływową ciekłego metalu z wykorzystaniem gazów obojętnych, a następnie przeprowadza się filtrację ciekłego metalu przez ceramiczny filtr piankowy, **znamienny tym**, że do rafinacji przepływowej wykorzystuje się przepływową komorę rafinacyjną (200), podzieloną ceramiczną przegrodą (201) na dwie części (202, 203), przy czym pod ceramiczną przegrodą (201) znajduje się otwór (204) umożliwiający przepływ ciekłego metalu z pierwszej części (202) komory do drugiej części (203) komory zgodnie z kierunkiem przepływu ciekłego metalu przez przepływową komorę rafinacyjną, przy czym w pierwszej części (202) komory za pomocą pierwszej wirującej dyszy (205) zakończonej pierwszym rotorem (215) doprowadza się do ciekłego metalu w pierwszej części (202) komory gaz obojętny, którego pęcherzyki unoszą zanieczyszczenia na powierzchnię ciekłego metalu, a w drugiej części (203) komory za pomocą drugiej wirującej dyszy (206) zakończonej drugim rotorem (216) doprowadza się do ciekłego metalu w drugiej części (203) komory gaz obojętny,

którego pęcherzyki unoszą pęcherzyki wodoru z ciekłego metalu na jego powierzchnię, natomiast do filtracji wykorzystuje się komorę filtracyjną (300) wyposażoną w co najmniej jeden wibrator (301) przymocowany do obudowy (302) komory filtracyjnej (300) i przystosowany do wprowadzania komory filtracyjnej (300) w drgania równomierne rozpraszające ciekły metal w komorze filtracyjnej (300), przy czym filtrację prowadzi się z wykorzystaniem wielowarstwowego ceramicznego filtra piankowego (400), w którym warstwa o najmniejszej gęstości (401) znajduje się najbliżej wlotu (303) komory filtracyjnej (300), a warstwa o największej gęstości (403) najbliżej wylotu (304) komory filtracyjnej (300).

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w procesie rafinacji przepływowej jako gaz obojętny stosuje się azot, argon lub ich mieszaninę.
3. Sposób według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że za pomocą pierwszej dyszy wirującej (205) doprowadza się od 17 do 23 l/min gazu obojętnego pod ciśnieniem od 0,8 do 1,0 atm, przy czym pierwszy rotor (215) obraca się z szybkością od 380 do 400 obr/min.
4. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że za pomocą drugiej dyszy wirującej (208) doprowadza się od 20 do 40 l/min gazu obojętnego pod ciśnieniem od 1,5 do 2,0 atm, przy czym drugi rotor (218) obraca się z szybkością od 480 do 800 obr/min.
5. Sposób według dowolnego z zastrzeżeń od 1 do 4, **znamienny tym**, że jako wielowarstwowy ceramiczny filtr piankowy (400) stosuje się filtr, który ma trzy warstwy (401, 402, 403).
6. Sposób według zastrz. 5, **znamienny tym**, że pierwsza (401) warstwa wielowarstwowego ceramicznego filtra piankowego (400) ma gęstość w przedziale 5–20 ppm, druga (402) w przedziale 21–40 ppm i trzecia (403) w przedziale 41–60 ppm.

Rysunki

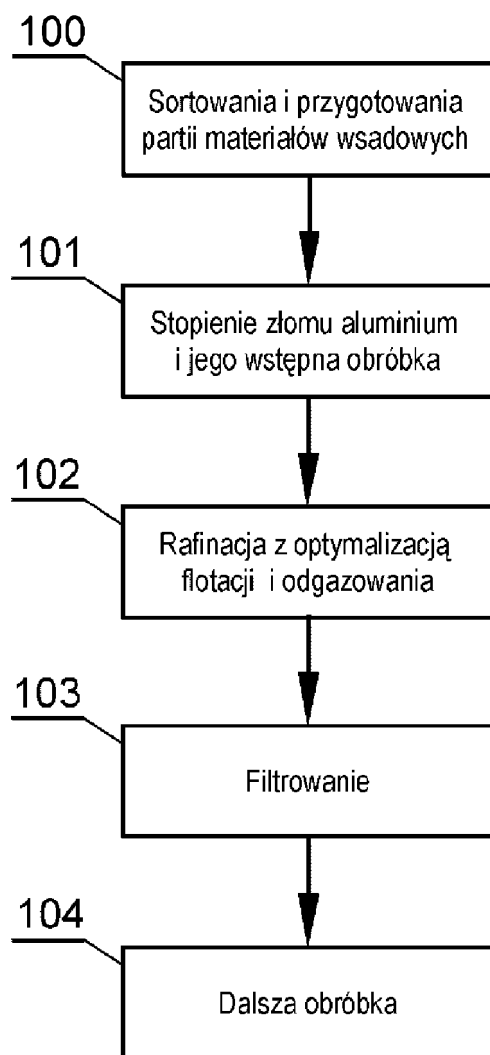


Fig. 1

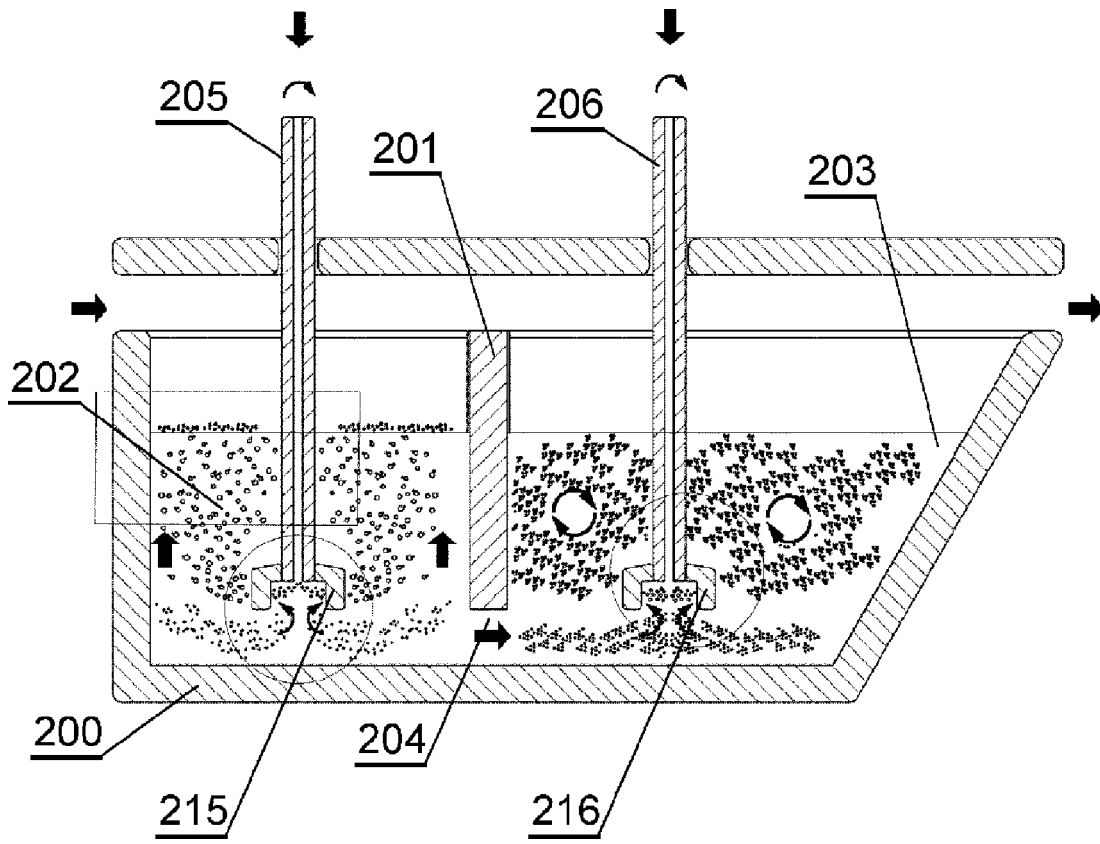


Fig. 2

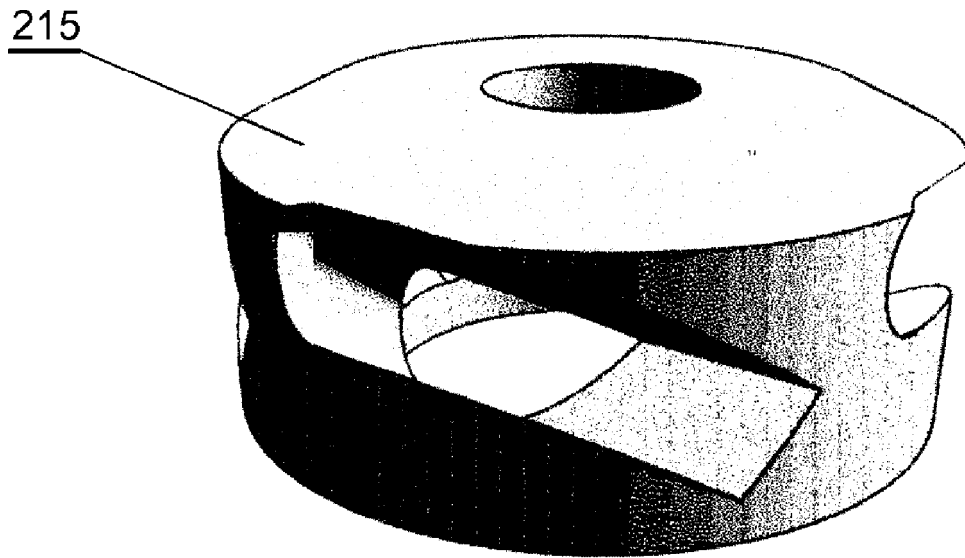


Fig. 3

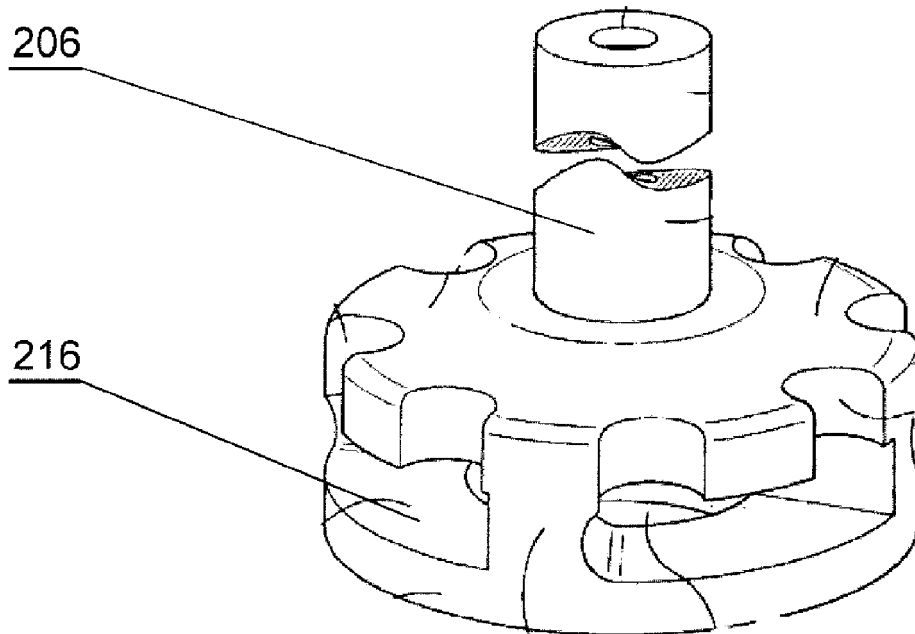


Fig. 4

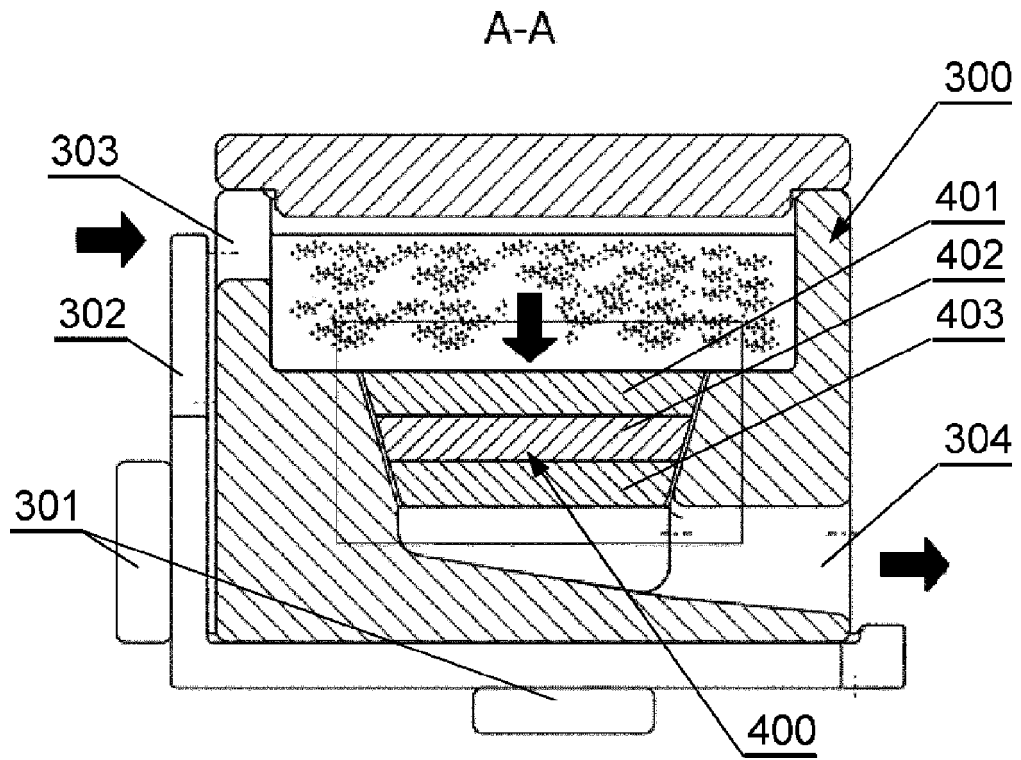


Fig. 5