

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **218241**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **393457**

(22) Data zgłoszenia: **29.12.2010**

(51) Int.Cl.

B22D 11/045 (2006.01)

C30B 28/10 (2006.01)

C30B 35/00 (2006.01)

(54) **Sposób ciągłego odlewania materiałów krystalicznych i urządzenie do ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
23.05.2011 BUP 11/11

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.10.2014 WUP 10/14

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PAWEŁ KWAŚNIEWSKI, Kraków, PL
TADEUSZ KNYCH, Kraków, PL
ANDRZEJ MAMALA, Kraków, PL
GRZEGORZ KIESIEWICZ, Kraków, PL
MONIKA WALKOWICZ, Kielce, PL
BEATA SMYRAK, Bulowice, PL
ARTUR KAWECKI, Kraków, PL
PIOTR ULIASZ, Krosno, PL
MARZENA PIWOWARSKA, Wymysłów, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Józef Gubała

PL 218241 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych i urządzenie do ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych, zwłaszcza do ciągłego odlewania materiałów krystalicznych takich jak pręty, rury, taśmy, profile i tym podobne wyroby, jako odlewy charakteryzujące się strukturą ukierunkowaną bez zerwań, pęknięć czy przerwań, nawet w przypadkach gdy szybkość wyciągania materiału krystalicznego będzie wzrastała.

Znany jest z europejskiego opisu patentowego nr EP443268 sposób i urządzenie do poziomego, ciągłego odlewania taśm metalowych o ukierunkowanej strukturze i ziarnach wydłużonych w kierunku odlewania, w którym ciekły metal z pieca topielnego dostarczany jest do krystalizatora, z równoczesnym podgrzewaniem za pomocą elementów grzejnych do temperatury nie niższej niż temperatura krzepnięcia odlewanej metalu, po czym następuje wyciąganie skryształizowanego metalu powstałego w podgrzewanym krystalizatorze, które odbywa się następnie za pomocą metalowego elementu przy jednoczesnym chłodzeniu wyciąganego odlanego metalu, przy czym chłodzenie odbywa się w podgrzewanym krystalizatorze przed rozpoczęciem krystalizacji, przy wyjściu z krystalizatora w odniesieniu do ruchu formowanego materiału, tak że odlany metal jest wyciągany po uprzednim schłodzeniu w krystalizatorze. W opisanym rozwiązaniu dzięki zastosowaniu podgrzewanego krystalizatora z możliwością chłodzenia metalu nie tworzy się skryształizowana warstwa na wewnętrznej powierzchni ściany krystalizatora, zatem nie powstają w tym miejscu zarodki krystalizacji będące uprzywilejowanymi miejscami tworzenia nowych kolumnowych kryształów skierowanych prostopadle do ściany krystalizatora, i ukierunkowanych w stronę odprowadzania ciepła tj. w kierunku prostopadłym do ścianki krystalizatora. Powstały w ten sposób materiał charakteryzuje się ukierunkowaną strukturą o kryształach wydłużonych w kierunku odlewania, natomiast wadom powierzchniowym, w wyniku tarcia na styku krystalizator-materiał, zapobiega się już od początku procesu odlewania, uzyskując materiał o gładkiej powierzchni i żądanym przekroju poprzecznym. Opisana według rozwiązania nr EP443268 metoda ciągłego odlewania jest sposobem, w którym krystalizator jest podgrzewany za pomocą elementów grzejnych tak, że temperatura wewnętrznej powierzchni ściany przy wyjściu z krystalizatora nie jest niższa niż temperatura krzepnięcia materiału, przy czym ciekły metal dostarczany z pieca topielnego nie tworzy skryształizowanej powłoki na wewnętrznej powierzchni ścianki krystalizatora, a zaczyna krystalizować dopiero na wyjściu z niego. W taki sposób odlew posiada ukierunkowaną strukturę o ziarnach wydłużonych w kierunku odlewania.

Jakkolwiek ten sposób i urządzenie do realizacji sposobu działają dość dobrze, to nadal istnieje możliwość wystąpienia pęknięć lub przerwań powierzchni metalu na wyjściu z krystalizatora, w zależności od występowania zmian takich czynników jak temperatura we wnętrzu krystalizatora, temperatura wody chłodzącej oraz szybkość odlewania, ponieważ krzepnięcie odlewu odbywa się w sąsiedztwie wyjścia z krystalizatora.

Znany jest sposób i urządzenie do ciągłego odlewania z amerykańskiego opisu patentowego nr US4605056 polegający na tym, że wykorzystuje się podgrzewany krystalizator posiadający odcinek wklęsły, który otwarty jest w jego górnej części, przy czym ciekły metal dostarczony jest do poziomo usytuowanego krystalizatora umieszczonego na ścianie bocznej pieca grzewczego. Po zamocowaniu elementu metalowego w krystalizatorze następuje wyciąganie odlewu z krystalizatora, oraz następuje jego przejście przez układ chłodzenia. W opisanym rozwiązaniu krystalizator jest ogrzewany za pomocą elementu grzejnego umieszczonego w krystalizatorze w taki sposób, aby utrzymać temperaturę na wewnętrznej powierzchni ścian krystalizatora do wartości nie niższej niż temperatura krzepnięcia odlewu. Wówczas ciekły metal w krystalizatorze nie zaczyna krzepnąć na wewnętrznej powierzchni ścian krystalizatora, ale krzepnie wzdłuż osi odlewanej materiału. Zatem rozwiązanie to umożliwia otrzymanie odlewu o gładkiej powierzchni zewnętrznej, bez wad i wgłębień powierzchniowych, i o ukierunkowanej strukturze wydłużonej w kierunku odlewania.

Jednakże okazało się, iż to rozwiązanie posiada określone niedogodności i wady, ponieważ nie umożliwia w sposób dostateczny prowadzenia tego procesu tak, aby krystalizacja następowała wyłącznie wzdłuż osi odlewanej materiału, i jednocześnie bez krystalizacji przy wewnętrznej powierzchni ścian krystalizatora, ponieważ proces ciągłego odlewania należy prowadzić ze stałą i dość małą prędkością. W przeciwnym wypadku istnieje niebezpieczeństwo, że odlany metal nie zdąży skryształizować i może wypłynąć z podgrzanego krystalizatora, w którym panuje wysoka temperatura. Nie jest to zatem metoda odpowiednia do zastosowania przemysłowego.

Inny sposób i urządzenie do ciągłego odlewania, znane z europejskiego opisu patentowego nr EP452252, charakteryzują się tym, że wykorzystuje ciekły metal jako medium chłodzącego i izolowany krystalizator, który umożliwia krystalizację metalu w bliskim sąsiedztwie wyjścia z krystalizatora. Krzepnięcie zachodzi pod wpływem bezpośredniego chłodzenia materiału metalicznego za pomocą ciekłego metalu takiego jak ołów, cyna, bizmut, gal, ind lub ich stopów, jak również innych metali o temperaturze krzepnięcia niższej niż dla odlewane go metalu. Zastosowanie bezpośredniego chłodzenia ciekłego metalu zapewnia równomierną krystalizację, zapobiega utlenianiu powierzchni wytworzonego materiału i eliminuje niejednorodną warstwę podpowierzchniową odlewu, a tym samym konieczność energochłonnej i kosztownej obróbki.

Jednakże opisany sposób i urządzenie do jego realizacji mają tego rodzaju niedogodność, że wymagana jest konieczność regulacji temperatury ciekłego metalu w celu uzyskania kierunkowej struktury. Dalszym mankamentem tego rozwiązania jest możliwość występowania tzw. zimnych i gorących naderwań, jako wad odlewniczych powstałych na skutek niewłaściwego doboru temperatury cieczy chłodzącej na różnych etapach procesu chłodzenia jak również konieczność właściwego doboru rodzaju metalu chłodzącego, który nie będzie reagował z materiałem odlewany m. Ponadto sam krystalizator ma ograniczone wykorzystanie, ponieważ umożliwia jedynie chłodzenie pośrednie.

Jeszcze inny sposób wytwarzania odlewanej taśmy przez odlewanie ciągłe znany jest z polskiego zgłoszenia wynalazku nr P.383329. Polega on na tym, że cienka odlewana taśma jest wytwarzana w dwuwalcowym urządzeniu do odlewania poprzez dostarczanie ciekłej stali pomiędzy walce tworząc basen odlewniczy. Basen odlewniczy jest ograniczony pomiędzy dwoma walcami za pomocą pary bocznych zapór w pobliżu końców walców odlewniczych. Ciekła stal jest dostarczana do dołu do chwytu poprzez układ zawierający kadź i dysze rdzeniowe.

Znany jest też sposób i urządzenie do otrzymywania cienkich wyrobów metalowych przez odlewanie ciągłe z polskiego zgłoszenia wynalazku nr P.284678. Rozwiązanie charakteryzuje się tym, że w urządzeniu zawierającym wlewnicę, za którą w kierunku ciągnięcia odlewane go wyrobu znajdują się walce ciągnące, przeznaczone do wywoływania zamknięcia komory zestalania przez mniejsze grubości wyrobu, mierzy się siłę rozsuwającą wywieraną na walce ciągnące przez wyrób, a w strefie położonej przed walcami ciągnącymi lub między nimi przykłada się do jeszcze ciekłego rdzenia wyrobu zmienne pole magnetyczne, z jednoczesnym uzależnieniem działania wymienionego pola magnetycznego od wartości mierzonej siły rozsuwającej tak, aby siła ta nie przekraczała trwale zadanej górnej wartości granicznej, odpowiadającej naciskowi jaki walce ciągnące znoszą przez chwilę bez uszkodzenia. Ponadto urządzenie charakteryzuje się tym, że ma środki do pomiaru siły rozsuwającej z jaką na walce ciągnące działa odlewany wyrób, wzbudniki umieszczone w co najmniej jednym z walców ciągnących lub przed nimi, i które to wzbudniki mogą wytwarzać zmienne pole magnetyczne w jeszcze ciekłej części odlewane go wyrobu, położonej przed walcami ciągnącymi lub między nimi, oraz środki do uzależniania wymienionych wzbudników od siły rozsuwającej, wywieranej przez wyrób na walce ciągnące.

Niedogodnością opisanego sposobu i urządzenia do jego realizacji jest skomplikowana jego budowa i duża awaryjność oraz niska jakość wyrobu finalnego.

Zagadnieniem technicznym wymagającym rozwiązania jest opracowanie nowego sposobu ciągłego odlewania materiałów krystalicznych o ukierunkowanej strukturze, charakteryzującej się ziarnami wydłużonymi w kierunku zgodnym z wektorem gradientu temperatury, bez szkodliwych zerwań, pęknięć czy przerwań, nawet w przypadkach gdy szybkość wyciągania materiału z krystalizatora krystalicznego będzie wzrastała.

Zagadnieniem technicznym również wymagającym rozwiązania jest opracowanie nowego urządzenia do poziomego, ciągłego odlewania materiałów krystalicznych w tym prętów, rur, taśm, profili i tym podobnych wyrobów, jako odlewów o ukierunkowanej strukturze charakteryzującej się ziarnami wydłużonymi w kierunku zgodnym z wektorem gradientu temperatury, bez szkodliwych zerwań, pęknięć, przerwań, nawet w przypadku gdy szybkość wyciągania materiału z krystalizatora będzie wzrastała. Ponadto, zagadnieniem technicznym wymagającym rozwiązania jest opracowanie konstrukcji krystalizatora o małym współczynniku odprowadzania ciepła oraz stref układu chłodzenia. Zgodnie z wynalazkiem sposób ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych, charakteryzuje się tym, że materiał wyjściowy ogrzewa się do temperatury topnienia w zakresie od 250°C do 2000°C, po czym roztopiony, ciekły materiał wprowadza się do izolowanego krystalizatora, w którym poddaje się go chłodzeniu pierwotnemu do uzyskania materiału krystalicznego, przy czym medium chłodzące opływa chłodzony materiał w sposób ciągły, a następnie odlany materiał krystaliczny poddaje się

chłodzeniu wtórnemu w układzie chłodzenia wtórnego, przy czym medium chłodzące skierowane jest w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu materiału krystalicznego, po czym materiał kierowany jest do zestawu wyciągającego złożonego z rolek dociskowych i rolek prowadzących o regulowanej sile nacisku. Korzystnie, medium chłodzącym w etapie chłodzenia pierwotnego w krystalizatorze jest gaz albo ciecz, w tym woda lub ciekły metal, natomiast medium chłodzącym w etapie chłodzenia wtórnego w układzie chłodzenia wtórnego jest gaz albo ciecz, w tym woda lub ciekły metal.

Zgodnie z wynalazkiem urządzenie do ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych charakteryzuje się tym, że tygiel jest połączony z izolowanym krystalizatorem poprzez układ mocujący usytuowany w otworze ściany bocznej tygla, przy czym krystalizator ma kształt rynny przewlewej otoczonej strefą układu chłodzenia pierwotnego w formie metalowej tulei, zaś za wyjściem krystalizatora znajduje się układ chłodzenia wtórnego z automatycznym układem sterowania, natomiast pokrywa pieca wyposażona jest w gazoszczelną rurkę doprowadzającą i gazoszczelną rurkę odprowadzającą gazu ochronnego. Korzystnie, wyjście krystalizatora jest odchylone od poziomu w dół o kąt 1° do 10° , natomiast izolowany krystalizator ma formę jedno- lub wielowarstwowej tulei. Korzystnie jest również, gdy izolowany krystalizator jest grubościenną tuleją grafitową, lub gdy izolowany krystalizator jest grubościenną tuleją bimetalową, grafitowo-stalową. Korzystnie, układ chłodzenia wtórnego stanowi metalowa obudowa o kształcie prostokątnego naczynia, zaś zestaw wyciągający jest wyposażony w co najmniej jedną parę rolek dociskowych oraz co najmniej jedną parę rolek prowadzących.

Zaletą sposobu ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych według wynalazku jest możliwość uzyskania materiałów krystalicznych, w szczególności prętów, rur, taśm i profili o ukierunkowanej strukturze, charakteryzującej się ziarnami wydłużonymi w kierunku odlewania, dzięki czemu uzyskuje się zmniejszenie ilości granic ziaren jako miejsc rozpraszających elektrony przewodnictwa elektrycznego. Dalszą zaletą sposobu według wynalazku jest wytwarzanie materiałów krystalicznych o ukierunkowanej strukturze łatwo dostosowanej do procesu walcowania lub ciągnięcia, i nie zawierającej wad wewnętrznych takich jak porowatości i pęcherze lub zewnętrznych takich jak pęknięcia czy naderwania, poprzez zastosowanie nieskomplikowanych zabiegów technologicznych polegających na doprowadzeniu stopionego metalu przez izolowany krystalizator do układu wyciągającego i krystalizację materiału w jednym określonym kierunku. Kolejną zaletą sposobu według wynalazku jest to, że ciekły metal nie krzepnie przy wewnętrznej ścianie izolowanego krystalizatora wykonanego z materiału o małym współczynniku odprowadzania ciepła, lecz krzepnięcie rozpoczyna się od tej części, gdzie stopiony metal wchodzi w kontakt z metalowym elementem startowym. Jeszcze inną zaletą tegoż sposobu jest zapobieganie utlenianiu powierzchni wytworzonego odlewu. Ponadto, dodatkową zaletą sposobu jest brak niejednorodnej warstwy podpowierzchniowej odlewu, co eliminuje kosztowną i skomplikowaną obróbkę powierzchniową. Zaletą jest także możliwość eliminacji tzw. gorących i zimnych naderwań jako wad odlewniczych, poprzez zmianę i kontrolę temperatury cieczy chłodzącej w procesie chłodzenia, jak również przez wybór medium chłodzącego. Także zaletą sposobu według wynalazku jest możliwość uzyskiwania materiału krystalicznego o ukierunkowanej strukturze, kształcie i położeniu ziaren, regulowanych przez wektor gradientu temperatury.

Urządzenie do ciągłego poziomego odlewania materiałów krystalicznych według wynalazku odznacza się nieskomplikowaną budową, umożliwiającą dołączenie do linii ciągłego odlewania dodatkowych urządzeń na przykład w postaci walcarki lub ciągarci, co pociąga za sobą eliminację kosztów energii związanych z podgrzewaniem materiału. Dalszą zaletą jest prosta i nieskomplikowana budowa wysoko wydajnego krystalizatora oraz układu wtórnego chłodzenia na wyjściu materiału z krystalizatora, tuż przy powierzchni odlewu, co umożliwia kształtowanie struktury materiału metalicznego o ograniczonej ilości ziaren i ich kontrolowanym kierunku wzrostu. Wynika to z charakterystyki procesu krzepnięcia, a dokładniej ze sposobu odbierania ciepła przez krystalizator zmieniającego kierunek wektora gradientu temperatur na froncie krystalizacji metalu z promieniowego na osiowy (płaski front krystalizacji). Urządzenie wedle wynalazku umożliwia spełnienie zależności, że różnica temperatur pomiędzy ciekłym metalem w krystalizatorze a ściankami izolowanego krystalizatora (ΔT_1) jest mniejsza niż różnica temperatur pomiędzy ciekłym metalem w krystalizatorze a skrzystalizowaną już częścią materiału (ΔT_2) w ten sposób, aby spełniona była zależność $\Delta T_1 < \Delta T_2$. Urządzenie umożliwia osiągnięcie tego celu poprzez umiejętne sterowanie zarówno prędkością odlewania jak i warunkami chłodzenia. Urządzenie według wynalazku poprzez zmianę szybkości odlewania jak i poprzez wprowadzenie kontrolowanej strefy odbioru ciepła w krystalizatorze, umożliwia uzyskanie zgodności kierunku odbioru ciepła z kierunkiem osi odlewanej wyrobu.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony w przykładzie wykonania przedstawionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia urządzenie w schematycznym widoku perspektywicznym od przodu, fig. 2 przedstawia urządzenie w widoku z boku, fig. 3 przedstawia widok w przekroju wzdłuż linii A-A na fig. 2, fig. 4 przedstawia urządzenie w widoku z góry, fig. 5 jest schematycznym widokiem makrostruktury przekroju wzdłużnego uzyskanego odlewu, fig. 6 przedstawia schematyczny widok makrostruktury przekroju wzdłużnego uzyskanego odlewu według konwencjonalnych metod odlewania, fig. 7 przedstawia alternatywne rozwiązanie izolowanego krystalizatora dla odlewania rur w widoku ogólnym perspektywicznym, fig. 8 przedstawia rozwiązanie izolowanego krystalizatora dla odlewania rur w widoku ogólnym od czoła, a fig. 9 przedstawia izolowany krystalizator z trzpieniem wewnętrznym w przekroju osiowym wzdłuż linii B-B na fig. 8.

W urządzenie według wynalazku znajduje się ciekły materiał 1 uzyskany w wyniku procesu podgrzewania w tyglu 2 znajdującym się w indukcyjnym piecu topielnym 3, którego element grzejny - cewka 4 otacza tygiel 2, służący do utrzymywania temperatury ciekłego materiału 1 na stałym poziomie. Piec topielny 3 zamknięty jest w sposób szczelny od góry za pomocą zamykającej pokrywy 5. Znajdująca się na jej powierzchni gazoszczelna rurka 6 służy do wprowadzania gazu ochronnego do wewnętrznej części pieca topielnego 3, tym samym chroni się ciekły materiał 1 znajdujący się w tyglu 2 przed utlenieniem. Umiejscowiona na pokrywie zamykającej 5 gazoszczelna rurka 7 służy do wyprowadzania gazu ochronnego z wnętrza pieca topielnego 3. Regulacja i dobór parametrów prowadzonego procesu topienia, np. moc cewki, zachodzącego w piecu topielnym 3 oraz regulacja i dobór parametrów gazu ochronnego, np. ciśnienie, doprowadzanego do pieca topielnego 3 za pomocą gazoszczelnej rurki 6 następuje za pomocą układu regulacji 8, który może pracować zarówno w systemie manualnym jak i w systemie automatycznym. Otwór 9 tulei 9' jest utworzony w ścianie bocznej 10 pieca topielnego 3. Tuleja metalowa 9' z otworem 9 jest połączona klejem z grubościennym izolowanym krystalizatorem 11 poprzez układ mocujący 12 krystalizator 11, który przymocowany jest do otwartej części otworu 9 tak, że ciekły materiał 1 z pieca topielnego 3 przekazywany jest od strony wejściowej do krystalizatora 11. Element grzejny w postaci cewki indukcyjnej 4 jest przyłączony do zewnętrznej strony ściany tygla 2 na całym jego obwodzie. Cewka 4 jest elementem, przy użyciu którego temperatura wewnętrznej ściany tygla 2 zmienia się (tzn. jest regulowana) proporcjonalnie do wartości prądu elektrycznego. Izolowany krystalizator 11 jest zamocowany do wewnętrznej strony ściany bocznej 10 pieca topielnego 3, przy czym wyjście z katalizatora 11 jest odchylone od poziomu w dół o kąt 1° do 10° . Izolowany krystalizator 11 ma formę jedno- lub wielowarstwowej tulei i może być grubościenną tuleją grafitową albo grubościenną tuleją bimetalową, grafitowo-stalową, i ma kształt rynny przelewowej o grubej ścianie, której wewnętrzna powierzchnia styka się z ciekłym materiałem 1 i jest utrzymywana w temperaturze nie niższej niż temperatura krzepnięcia odlewane materiału krystalicznego 14. Urządzenie posiada metalowy element startowy 13, który jest umieszczony w strefie izolowanego krystalizatora 11 tak, że jego końcowa część od strony wyjścia z krystalizatora 11 znajduje się pomiędzy górnymi i dolnymi rolkami dociskowymi 15, ułożonymi w parzy pionowej. Rolki dociskowe 15 są rozmieszczone tak, że kierunek wyciągania odlanego materiału krystalicznego 14 jest lekko skierowany w dół w tym celu, aby wyciąganie materiału krystalicznego 14 odbywało się liniowo w układzie poziomym poprzez element startowy 13, począwszy od izolowanego krystalizatora 11. Układ chłodzenia wtórnego 16, służący do rozprowadzania medium chłodzącego 17 na powierzchni odlanego materiału krystalicznego 14, umieszczony jest na wyjściu odlanego materiału krystalicznego 14 z izolowanego krystalizatora 11, tuż przy powierzchni tegoż materiału 14. Medium chłodzące 17, którym jest gaz albo ciecz w tym woda lub ciekły metal, służy do chłodzenia odlanego materiału krystalicznego 14, przy czym regulacja medium 17, a więc sterowanie ilością przepływu, sposobem podawania i dozowania, może odbywać się manualnie lub automatycznie, korzystnie przy pomocy komputera. Strefa układu chłodzenia wtórnego 16 usytuowana jest tak, aby strumień medium chłodzącego 17 skierowany był zasadniczo na całą powierzchnię odlanego materiału krystalicznego 14, a ponadto usytuowana jest tak, aby strumień medium chłodzącego 17 znajdował się na wyjściu z izolowanego krystalizatora 11 ale nie miał kontaktu z ciekłym materiałem 1 znajdującym się wewnątrz izolowanego krystalizatora 11. Medium chłodzące 17 doprowadzane jest do układu chłodzenia wtórnego 16 za pomocą gazoszczelnej rurki 18, natomiast jego odprowadzenie odbywa się poprzez gazoszczelną rurkę 19. Optymalny dobór i regulację parametrów chłodzenia wtórnego prowadzi się układem sterowania 20 znajdującym się w skrzynce sterowniczej 20', przy czym jako medium chłodzące 17 wykorzystuje gaz lub ciecz, w tym wodę lub ciekły metal.

Strefa układu chłodzenia pierwotnego 21, wykonana w postaci metalowej tulei 22 zamykającej w sposób szczelny krystalizator 11, w początkowym etapie procesu odlewania poddaje odlewany materiał 1 procesowi chłodzenia za pomocą medium chłodzącego. Medium chłodzące doprowadzane i odprowadzane jest ze strefy układu chłodzenia pierwotnego 21 za pomocą gazoszczelnej rurki 23 podłączonej do układu sterowania 20 znajdującego się w skrzynce sterowniczej 20'.

Odlany materiał krystaliczny 14 po przejściu przez układ chłodzenia wtórnego 16 kierowany jest do zestawu wyciągającego 24, wyposażonego w co najmniej jedną parę rolek dociskowych 15 i co najmniej jedną parę rolek prowadzących 25, spełniających również rolę rolek poziomujących. Poziomujące rolki prowadzące mogą być również usytuowane pomiędzy wyjściem z izolowanego krystalizatora 11 a układem chłodzenia wtórnego 16 oraz pomiędzy rolkami dociskowymi 15. Rolki prowadzące znajdują się w położeniu umożliwiającym przekazywanie odlanego materiału krystalicznego 14, który wyciągany jest za pomocą elementu startowego 13. Dobór i regulacja pracy zestawu wyciągającego 24 odbywa się za pomocą automatycznych sterowników umieszczonych w szafie sterowniczej układu sterującego 26, połączonej z zestawem wyciągającym 24 za pomocą zestawu zasilania 27 w postaci rurki.

W alternatywnym rozwiązaniu urządzenia do ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych, w zależności od przyjętych parametrów procesu odlewania, szczególnie prędkości odlewania, istnieje możliwość regulacji położenia układu chłodzenia wtórnego 16, znajdującego się na wyjściu krystalizatora 11, poprzez jego umieszczenie na nieruchomej prowadnicy 28 w kształcie cienkościennej rurki, łączącej podstawę 29 pieca topielnego 3 z osłoną zestawu wyciągającego 24, mającą w postaci metalowej blachy 30. Ponadto istnieje możliwość regulowania położeniem zestawu wyciągającego 24, wyposażonego w co najmniej jedną parę rolek dociskowych 15, poprzez układ sterujący 26 zestawu wyciągającego 24 sprzężony z nieruchomą prowadnicą 31 zestawu, oraz za sprawą śrub 33 regulujących siłę docisku dociskowych rolek 15. W przypadku ciągłego odlewania prętów średnica odlanego materiału krystalicznego 14 może być regulowana poprzez zmianę średnicy izolowanego krystalizatora 11.

W przypadku ciągłego odlewania rur wprowadza się element startowy do izolowanego krystalizatora 39 zaopatrzonego w trzpień wewnętrzny, przy czym izolowany krystalizator 39 jest wykonany ze stali nierdzewnej i ma zakończenie rurowe.

W innym rozwiązaniu układ chłodzenia wtórnego 16 ma postać płaszcza wodnego. Układu chłodzenia 16 składa się z metalowej obudowy 32 i znajdującego się w niej medium chłodzącego 17. Metalowa obudowa 32 zawierająca medium chłodzące 17 znajduje się w stałym kontakcie z odlanym materiałem krystalicznym 14 powodując jego chłodzenie.

W przypadku ciągłego odlewania taśm ich grubość jest regulowana poprzez zmianę poziomu ciekłego materiału 1 w piecu topielnym 3 w stosunku do poziomu dolnej ścianki izolowanego krystalizatora 11. Ponadto, szerokość odlanego materiału krystalicznego 14 jest regulowana poprzez zmianę szerokości przeciwległych ścian bocznych izolowanego krystalizatora 11. W związku z powyższym, otrzymanie wyrobu o pożądanej średnicy, grubości lub szerokości następuje na drodze zmiany kształtu krystalizatora 11.

Izolowany krystalizator 11 może być wykonany z grafitu, a wtedy służy do odlewania stopów o niskiej temperaturze krzepnięcia takich jak na przykład stopy aluminium czy stopy miedzi. Możliwe jest również zastosowanie krystalizatora wykonanego z materiału ogniotrwałego jak na przykład korund, krzemionka, tlenek berylu, tlenek magnezu, tlenek toru, tlenek cyrkonu, tlenek boru, węgiel krzemu, azotek krzemu itp. Do odlewania stali, żelaza lub stopów o wysokiej temperaturze topnienia konieczny jest odpowiedni dobór materiału krystalizatora, który z jednej strony dobrze reaguje z odlewany ciekłym metalem, a z drugiej strony nie ulega korozji. Ponadto pożądanym jest, aby powierzchnia odlanego materiału utrzymywana była w atmosferze obojętnej lub w atmosferze redukującej w celu eliminacji utleniania.

Ponieważ odlany materiał krystaliczny 14 poddawany jest procesowi chłodzenia w układzie chłodzenia wtórnego 16 a następnie jest wyciągany poprzez zestaw wyciągający 24 za pomocą rolek dociskowych 15, to występują nieregularne wahania lub drgania odlanego materiału krystalicznego 14, którym można zapobiec. W celu lepszej ochrony przed zjawiskiem tarcia odlewane materiału krystalicznego 14, podczas procesu wyciągania strefa wyjścia z izolowanego krystalizatora 11 może być nieco szersza niż jego strefa wejściowa. W powyższym przypadku izolowany krystalizator 11 służy do ciągłego odlewania metali, które rozprężają się w chwili krystalizacji na przykład bizmutu czy krzemu.

Ponadto, jeżeli izolowany krystalizator 11 usytuowany jest tak, że jego strefa wyjściowa znajduje się w położeniu nieco niższym niż strefa wejściowa, to medium chłodzące nie dostaje się na po-

wierzchnię ciekłego materiału 1, ale przepływa w sposób naturalny po powierzchni odlanego materiału krystalicznego 14.

Przykład I

Ciekłą miedź o czystości chemicznej 99,99%, podgrzaną do temperatury 1100°C w piecu toplnym 3, utrzymuje się zawsze na określonej doświadczalnie wysokości powyżej dna tygla 2. Równocześnie wprowadza się element startowy 13 do izolowanego krystalizatora 11, a z chwilą zetknięcia się ciekłego metalu z końcówką elementu startowego 13 zostaje on wprawiony w ruch przez zestaw wyciągający 24. Z kolei izolowany krystalizator 11 o ustalonych wymiarach, znajdujący się w tulei 9', utrzymywany jest w stałej temperaturze 1080°C przez cały czas trwania procesu ciągłego odlewania. Element startowy 13 jest wyciągany z izolowanego krystalizatora 11 w kierunku poziomym korzystnie z prędkością 0,01 mm/s, podczas gdy medium chłodzące, znajdujące się w odległości minimum 50 mm od wyjścia z izolowanego krystalizatora 11, jest rozprowadzane metodą ciągłego rozpylania na odlany materiał krystaliczny 14 w ilości ustalonej przez komputerowy układ sterowania 20 strefą chłodzenia wtórnego. Otrzymany za pomocą omówionego przykładu ciągłego odlewania, i zilustrowany na fig. 5, odlew końcowy 34 przedstawia ukierunkowaną makrostrukturę w przekroju wzdłużnym, charakteryzującą się ziarnami wydłużonymi w kierunku odlewania, nazywanymi strefą kryształów wydłużonych 35, i skierowanymi wzdłuż osi odlewane materiału krystalicznego 14, na przykład pręta, z gładką powierzchnią, przy czym otrzymany materiał jest wolny od wad wewnętrznych. Wyrób końcowy 34 posiada długie ziarna, skierowane równolegle do osi, które ukosują się w kierunku odprowadzania ciepła, tj. do zewnętrznej powierzchni odlewane materiału krystalicznego 14.

Przykład II

Ciekłą miedź o czystości chemicznej 99,99%, podgrzaną do temperatury 1250°C w piecu toplnym 3, utrzymuje się zawsze na określonej doświadczalnie wysokości powyżej dna tygla 2. Równocześnie wprowadza się element startowy 13 do izolowanego krystalizatora 11, a z chwilą zetknięcia się ciekłego metalu z końcówką elementu startowego 13 zostaje on wprawiony w ruch przez zestaw wyciągający 24. Z kolei izolowany krystalizator 11 o ustalonych wymiarach, znajdujący się w tulei 9', utrzymywany jest w stałej temperaturze 1100°C przez cały czas trwania procesu ciągłego odlewania. Element startowy 13 jest wyciągany z izolowanego krystalizatora 11 w kierunku poziomym korzystnie z prędkością 30 mm/s, podczas gdy medium chłodzące, znajdujące się w odległości minimum 50 mm od wyjścia z izolowanego krystalizatora 11, jest rozprowadzane metodą ciągłego rozpylania na odlany materiał krystaliczny 14 w ilości ustalonej przez komputerowy układ sterowania 20 strefą chłodzenia wtórnego. Otrzymany za pomocą omówionego przykładu ciągłego odlewania, i zilustrowany na fig. 6, odlew końcowy 36 przedstawia ukierunkowaną makrostrukturę w przekroju wzdłużnym, charakteryzującą się silną koncentracją, prostopadłych do powierzchni zewnętrznej ścianki izolowanego krystalizatora, kryształów kolumnowych 37 w centralnym punkcie pręta, z gładką powierzchnią, przy czym otrzymany materiał jest wolny od wad wewnętrznych. Wyrób końcowy 36 posiada strefę kryształów równoosiowych 38. Otrzymana struktura jest skutkiem gwałtownego procesu krystalizacji, podczas której ciepło jest odprowadzane przez ścianki krystalizatora i powoduje wzrost kryształów w kierunku prostopadłym do osi. Szybkość odprowadzania ciepła, która dla dużych prędkości odlewania jest największa, determinuje wzrost kryształów kolumnowych, aż do zakrzepnięcia całego ciekłego materiału 1. Ponadto ziarna w tym przykładzie ciągłego odlewania są smuklejsze, i przez swoje prostopadłe ułożenie są krótsze niż w strukturach prętów wytwarzanych przy niższych prędkościach wyciągania.

Przykład III

Ciekłą miedź o czystości chemicznej 99,99%, podgrzaną do temperatury 1200°C w piecu toplnym 3, utrzymuje się zawsze na określonej doświadczalnie wysokości powyżej dna tygla 2. Równocześnie wprowadza się element startowy 13 do izolowanego krystalizatora 11 z trzpieniem wewnętrznym, przy czym element startowy 13 jest wykonany ze stali nierdzewnej i ma zakończenie rurowe, a z chwilą zetknięcia się ciekłego metalu z końcówką elementu startowego 13 zostaje on wprawiony w ruch przez zestaw wyciągający 24. Z kolei izolowany krystalizator 11 o ustalonych wymiarach, znajdujący się w tulei 9', utrzymywany jest w stałej temperaturze 1180°C przez cały czas trwania procesu ciągłego odlewania. Element startowy 13 jest wyciągany z izolowanego krystalizatora 11 w kierunku poziomym korzystnie z prędkością 0,08 mm/s, podczas gdy medium chłodzące, znajdujące się w odległości minimum 20 mm od wyjścia z izolowanego krystalizatora 11, jest rozprowadzane metodą ciągłego rozpylania na odlany materiał krystaliczny 14 w ilości ustalonej przez komputerowy układ sterowania 20 strefą chłodzenia wtórnego. Omówiony przykład pozwala na uzyskanie rury o gładkiej powierzchni i krystalicznej strukturze.

Przykład IV

Ciekłą miedź o czystości chemicznej 99,99%, podgrzaną do temperatury 1200°C w piecu topliwnym 3, utrzymuje się zawsze na określonej doświadczalnie wysokości powyżej dna tygla 2. Równocześnie wprowadza się element startowy 13 do izolowanego krystalizatora 11 mającego postać prostopadłościanu o podstawie prostokąta, a z chwilą zetknięcia się ciekłego metalu z końcówką elementu startowego 13 zostaje on wprawiony w ruch przez zestaw wyciągający 24. Z kolei izolowany krystalizator 11 o ustalonych wymiarach, znajdujący się w tulei 9', utrzymywany jest w stałej temperaturze 1180°C przez cały czas trwania procesu ciągłego odlewania. Element startowy 13 jest wyciągany z izolowanego krystalizatora 11 w kierunku poziomym korzystnie z prędkością 1 mm/s, podczas gdy medium chłodzące, znajdujące się w odległości minimum 50 mm od wyjścia z izolowanego krystalizatora 11, jest rozprowadzane metodą ciągłego rozpylania na odlany materiał krystaliczny 14 w ilości ustalonej przez komputerowy układ sterowania 20 strefą chłodzenia wtórnego. Omówiony przykład pozwala na uzyskanie taśmy o gładkiej powierzchni i wolnej od wad wewnętrznych, oraz o ukierunkowanej strukturze ziaren wydłużonych w kierunku odprowadzania ciepła.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych, **znamienny tym**, że materiał wyjściowy ogrzewa się do temperatury topnienia w zakresie od 250°C do 2000°C, po czym roztopiony, ciekły materiał (1) wprowadza się do izolowanego krystalizatora (11), w którym poddaje się go chłodzeniu pierwotnemu do uzyskania materiału krystalicznego (14), przy czym medium chłodzące opływa chłodzony materiał w sposób ciągły, a następnie odlany materiał krystaliczny (14) poddaje się chłodzeniu wtórnemu w układzie chłodzenia wtórnego (16), przy czym medium chłodzące skierowane jest w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu materiału krystalicznego (14), po czym materiał (14) kierowany jest do zestawu wyciągającego (24) złożonego z rolek dociskowych (15) i rolek prowadzących (25) o regulowanej sile nacisku.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że medium chłodzącym w etapie chłodzenia pierwotnego w krystalizatorze (11) jest gaz albo ciecz, w tym woda lub ciekły metal.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że medium chłodzącym w etapie chłodzenia wtórnego w układzie chłodzenia wtórnego (16) jest gaz albo ciecz, w tym woda lub ciekły metal.

4. Urządzenie do ciągłego, poziomego odlewania materiałów krystalicznych, wyposażone w tygiel znajdujący się w indukcyjnym piecu topliwnym, którego cewka otacza szczelnie tygiel, i który zamknięty jest od góry szczelną pokrywą, oraz układ chłodzący i zestaw wyciągający, **znamiennie tym**, że tygiel (2) jest połączony z izolowanym krystalizatorem (11) poprzez układ mocujący (12) usytuowany w otworze ściany bocznej (10) tygla, przy czym krystalizator (11) ma kształt rynny przelewowej otoczonej strefą układu chłodzenia pierwotnego (21) w formie metalowej tulei (9'), zaś za wyjściem krystalizatora (11) znajduje się układ chłodzenia wtórnego (16) z automatycznym układem sterowania (20), natomiast pokrywa (5) pieca (3) wyposażona jest w gazoszczelną rurkę (6) doprowadzającą i gazoszczelną rurkę (7) odprowadzającą gazu ochronnego.

5. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że wyjście krystalizatora (11) jest odchylone od poziomu w dół o kąt 1° do 10°.

6. Urządzenie według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że izolowany krystalizator (11) ma formę jedno- lub wielowarstwowej tulei.

7. Urządzenie według zastrz. 6, **znamiennie tym**, że izolowany krystalizator (11) jest grubościenną tuleją grafitową.

8. Urządzenie według zastrz. 6, **znamiennie tym**, że izolowany krystalizator (11) jest grubościenną tuleją bimetalową, grafitowo-stalową.

9. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że układ chłodzenia wtórnego (16) stanowi metalowa obudowa (32) o kształcie prostokątnego naczynia.

10. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że zestaw wyciągający (24) jest wyposażony w co najmniej jedną parę rolek dociskowych (15) oraz co najmniej jedną parę rolek prowadzących (25).

Rysunki

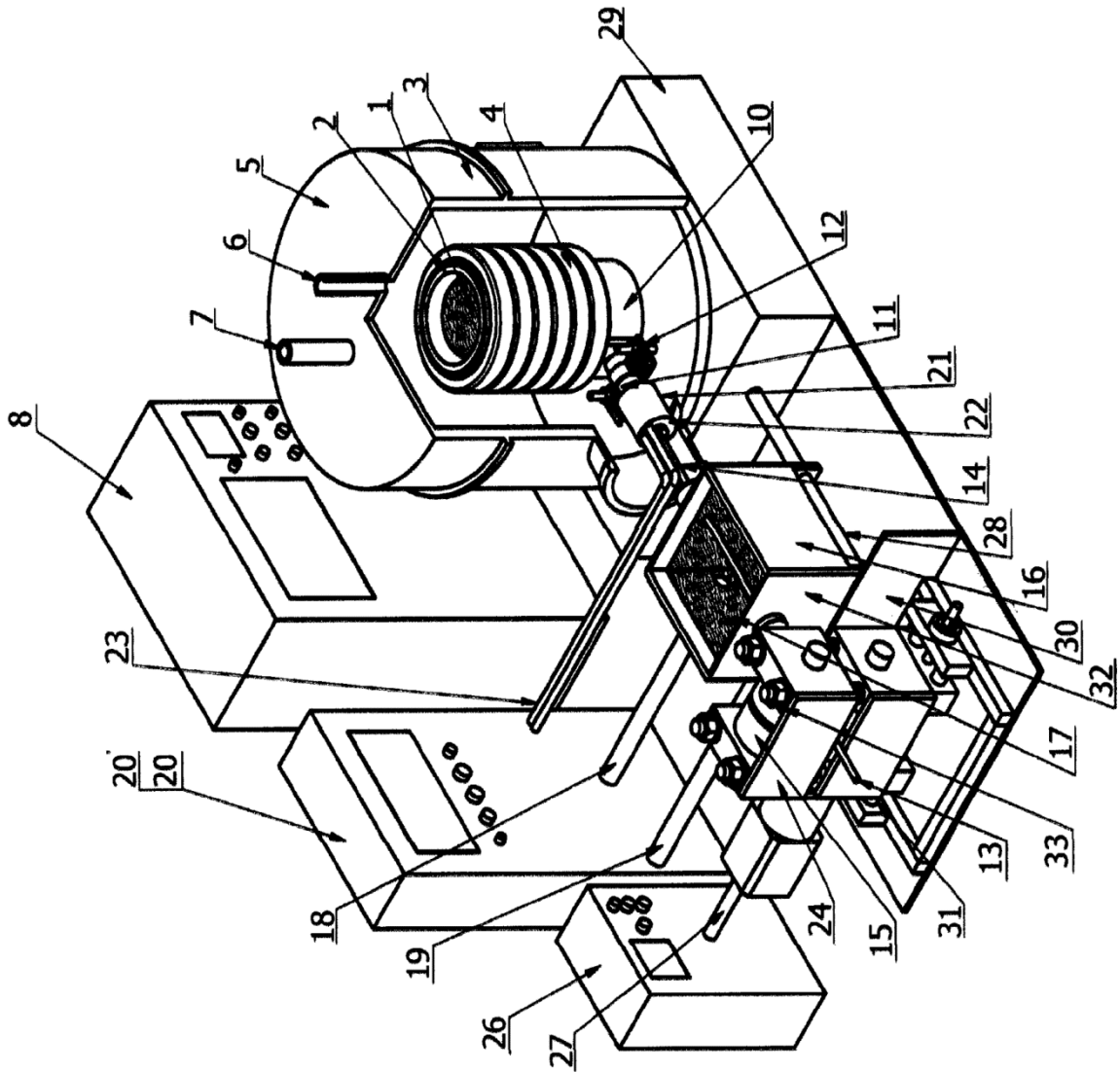


Fig. 1

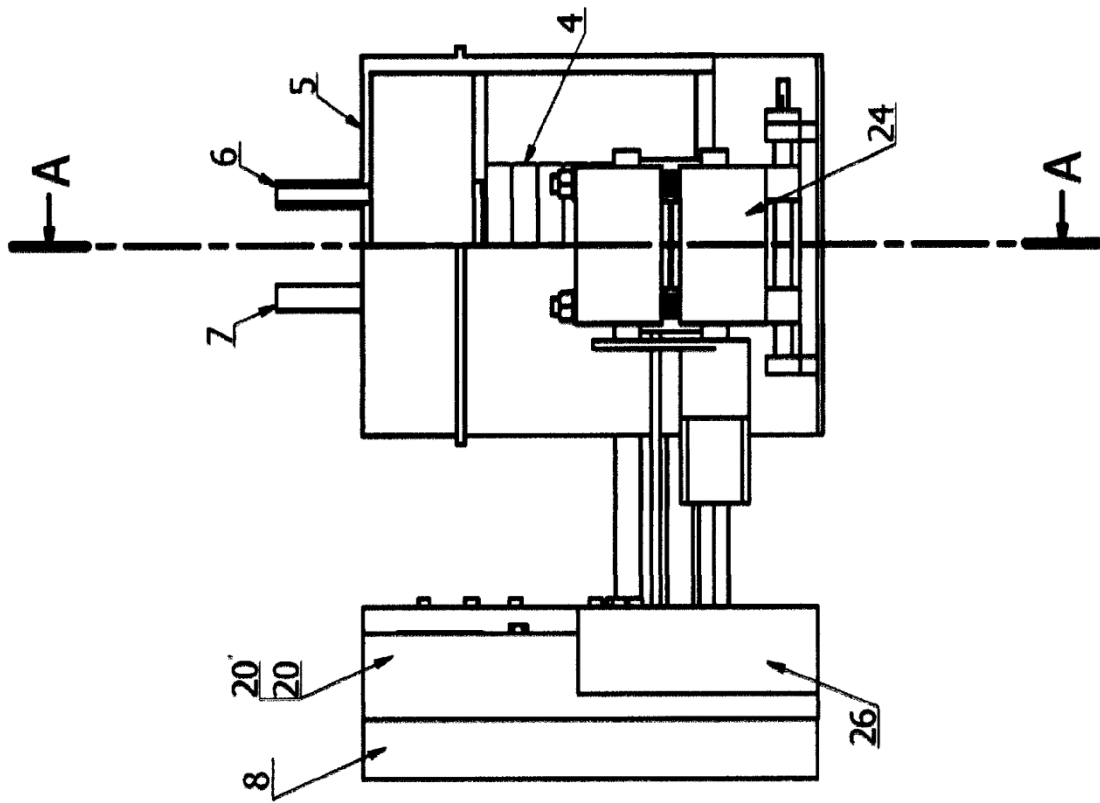


Fig.2

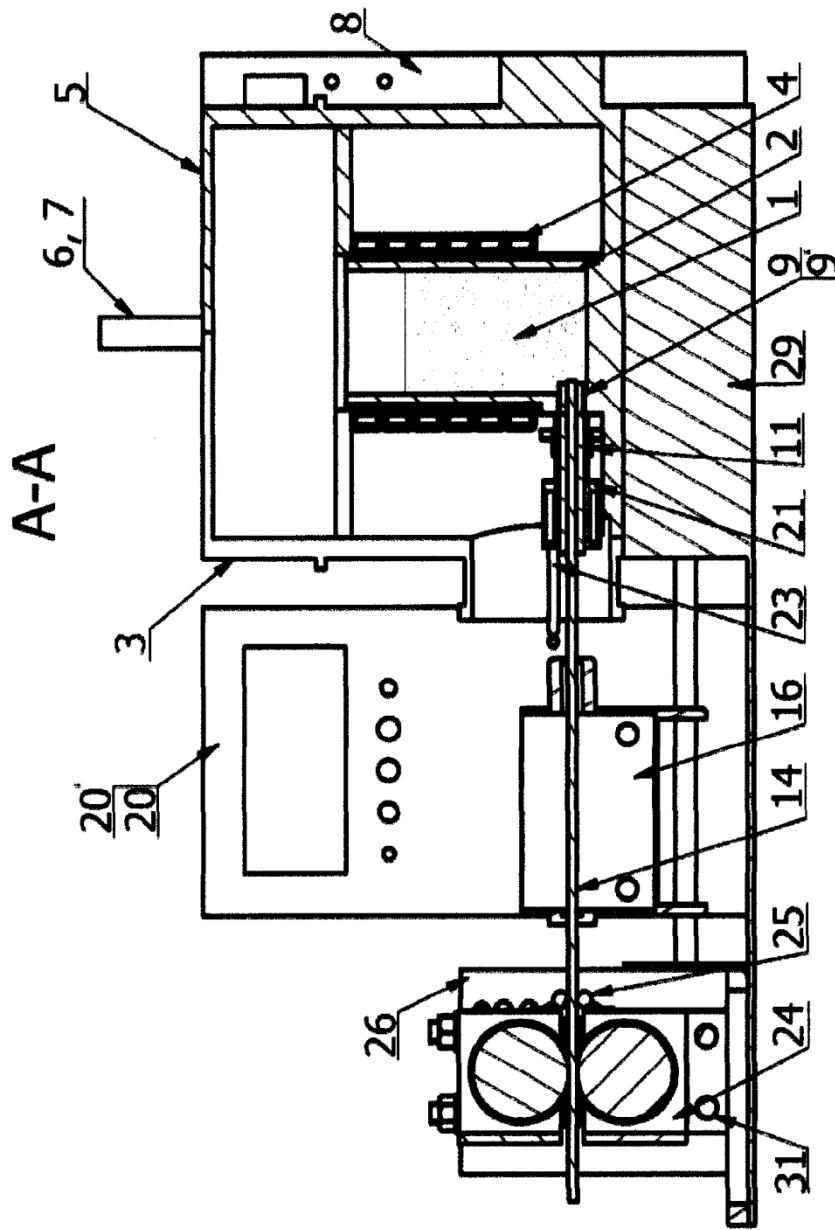


Fig. 3

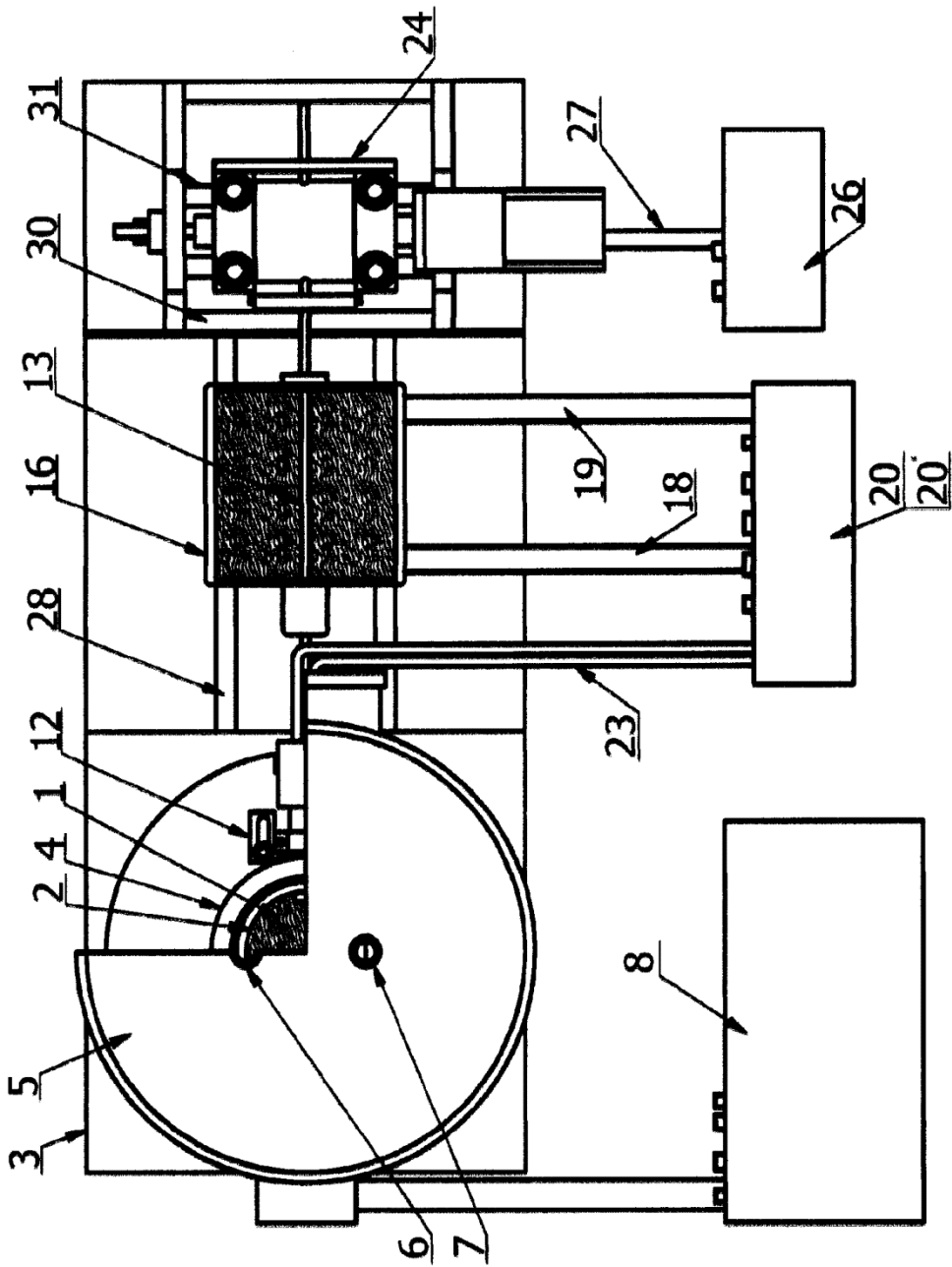


Fig. 4

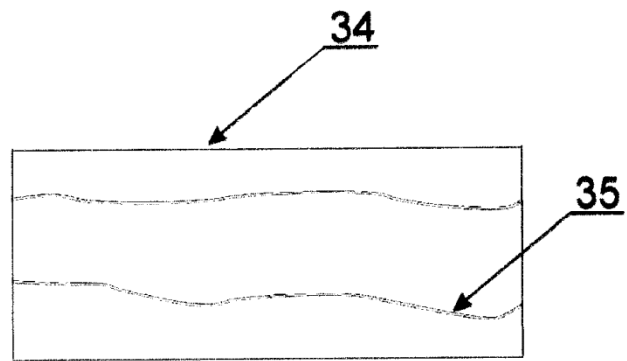


Fig.5

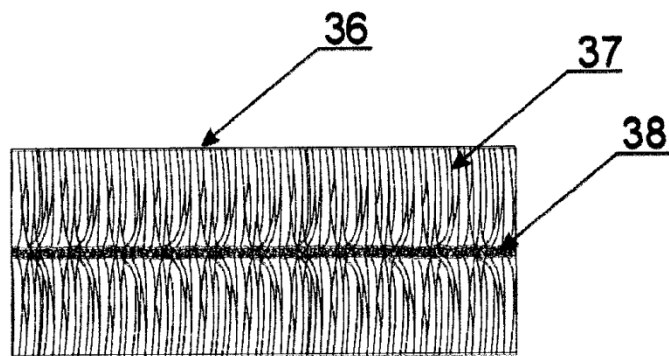


Fig.6

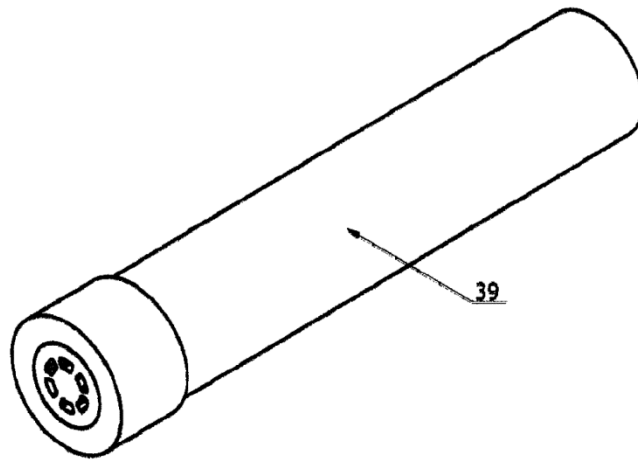


Fig. 7

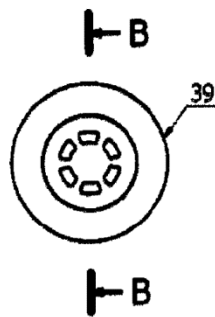


Fig. 8

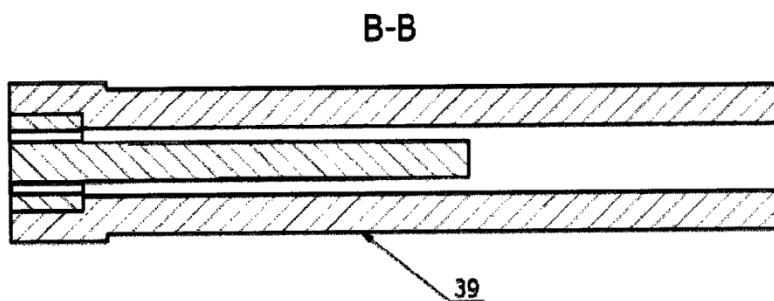


Fig. 9